

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2003年3月27日 (27.03.2003)

PCT

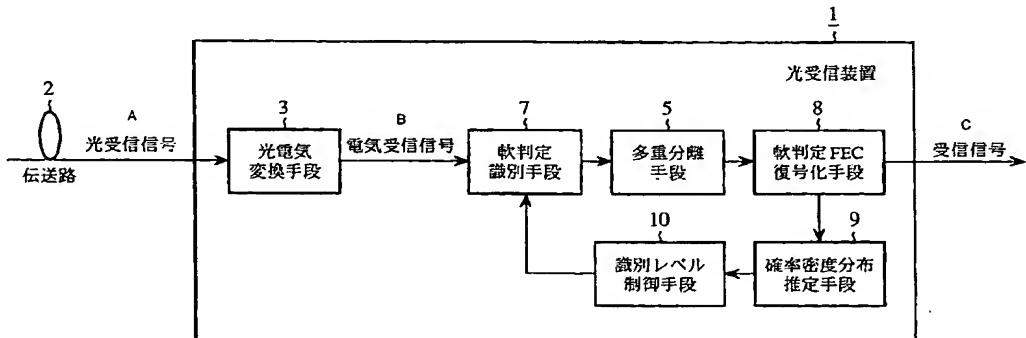
(10) 国際公開番号
WO 03/026239 A1

- (51) 国際特許分類: H04L 25/03, H03M 13/45, H04B 10/00, H04L 1/00
- (72) 発明者: および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 澤田 和重 (SAWADA,Kazushige) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 久保 和夫 (KUBO,Kazuo) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 水落 隆司 (MIZUOCHI,Takashi) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 吉田 英夫 (YOSHIDA,Hideo) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 藤田 八郎 (FUJITA,Hachiro) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 清水 克宏 (SHIMIZU,Katsuhiro) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 安部 淳一 (ABE,Jun-ichi) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP02/09357
- (22) 国際出願日: 2002年9月12日 (12.09.2002)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2001-278422 2001年9月13日 (13.09.2001) JP
特願2002-129116 2002年4月30日 (30.04.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 Tokyo (JP).

[統葉有]

(54) Title: OPTICAL RECEPTION APPARATUS

(54) 発明の名称: 光受信装置



1...OPTICAL RECEPTION APPARATUS
2...TRANSMISSION PATH
A...OPTICAL RECEPTION SIGNAL
3...PHOTO-ELECTRICAL CONVERSION MEANS
B...ELECTRIC RECEPTION SIGNAL
7...SOFT DECISION IDENTIFICATION MEANS

5...MULTIPLEXING/SEPARATION MEANS
8...SOFT DECISION FEC DEMODULATION MEANS
C...RECEPTION SIGNAL
10...IDENTIFICATION LEVEL CONTROL MEANS
9...PROBABILITY DENSITY DISTRIBUTION ESTIMATION MEANS

WO 03/026239 A1

(57) Abstract: An optical reception apparatus includes soft decision identification means (7) for identifying an electric reception signal at a plurality of identification levels and outputting a multinary identification signal, multiplexing/separation means (5) for converting the multinary identification signal in series and parallel manner and outputting a multinary parallel signal, soft decision FEC demodulation means (8) for correcting an error in the multinary parallel signal according to reliability information, outputting the parallel reception signal after the error correction, and outputting a decision result for each identification level, probability density distribution estimation means (9) for estimating probability density distribution according to the distribution of decision results of information data of each identification level, and identification level control means (10) for controlling the plurality of identification levels in the soft decision identification means (7) according to the probability density distribution, thereby improving the transmission quality.

[統葉有]



- (74) 代理人: 田澤 博昭, 外(TAZAWA, Hiroaki et al.); 〒100-0013 東京都 千代田区 霞が関三丁目 7 番 1 号 大東ビル 7 階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): US.
- (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).
- 添付公開書類:
— 國際調査報告書
- 2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイドノート」を参照。

(57) 要約:

電気受信信号を複数の識別レベルで識別し、多値の識別信号を出力する軟判定識別手段 7 と、多値の識別信号を直列並列変換し、多値の並列信号を出力する多重分離手段 5 と、多値の並列信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定 FEC 復号化手段 8 と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定手段 9 と、確率密度分布に基づいて軟判定識別手段 7 における複数の識別レベルを制御する識別レベル制御手段 10 とを備え、伝送品質を向上させる光受信装置を得るものである。

明細書

光受信装置

技術分野

この発明は、光伝送後の信号品質劣化を補償し、高品質な伝送サービスを提供する長距離・大容量の光受信装置に関するものである。

背景技術

第1図は従来の光受信装置を示す構成図であり、図において、1は光受信装置、2は伝送路、3は光電気変換手段、4は硬判定識別手段、5は多重分離手段、6はFEC (Forward Error Correction) 復号化手段である。

次に動作について説明する。

伝送路2を通じて光受信装置1に到達した光受信信号は、光電気変換手段3において電気受信信号に変換され、硬判定識別手段4において識別され、多重分離手段5において直列並列変換され、FEC復号化手段6において伝送路2での信号品質劣化によるピット誤りを訂正され、並列受信信号が出力される。

第2図は硬判定識別手段に入力される電気受信信号を示す波形図であり、伝送路2から入力された光受信信号の品質劣化が小さく、良好な受信状態では第2図(a)に示すように電気受信波形のアイは大きく開いている。一方、光受信信号の品質劣化が大きく、劣悪な受信状態では、第2図(b)に示すように電気受信波形のアイ開口が小さくなり、マーク側の劣化が顕著になる。このため、硬判定識別手段4では、劣悪な受信状態でのピット誤り率が得られるように、マーク/スペースを判断す

る識別レベルが設定されている（例えば、非特許文献1参照）。

非特許文献1 ITU-T G. 975勧告（1996年11月発行）

また、上記背景技術に関連した先行技術文献として、以下の非特許文献2から4がある。

非特許文献2 FEC techniques in submarine transmission systems (OFC2001, paper ThF1-1, March)

非特許文献3 CONCATENATED FEC EXPERIMENT OVER 5000 KM LONG STRAIGHT LINE WDM TEST BED (OFC99, paper ThQ6-1, March)

非特許文献4 Third Generation FEC employing Turbo Code For Long Haul DWDM Transmission Systems (OFC2002, paper)

従来の光受信装置は以上のように構成されているので、硬判定識別手段4では、マーク／スペースの2値の判定（硬判定）しており、誤り訂正能力の向上のためには、伝送速度を上昇させて情報ビットに対する誤り訂正符号の冗長ビットの比率を高くする手法がある。しかし、伝送速度の上昇率と光伝送品質の劣化量にはトレードオフの関係があること、また、高速なデバイスが必要となり、低コスト化が困難となること等の点から、高速・大容量の光受信装置では伝送品質の向上が困難になるなどの課題があった。

この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、伝送速度を上昇させること無く、高速・大容量伝送の伝送品質を向上させる光受信装置を得ることを目的とする。

発明の開示

請求の範囲第1項記載の発明に係る光受信装置は、電気受信信号を複数の識別レベルで識別し、多値の識別信号を出力する軟判定識別手段と、多値の識別信号を直列並列変換し、多値の並列信号を出力する多重分離手段と、多値の並列信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定誤り訂正復号化手段と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定手段と、確率密度分布に基づいて軟判定識別手段における複数の識別レベルを制御する識別レベル制御手段とを備えたものである。

このことによって、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することができる効果を奏する。

請求の範囲第2項記載の発明に係る光受信装置は、電気受信信号を $2^n - 1$ 個の識別器で識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせたnビット並列符号に符号化する符号化器と、nビット並列符号をビット毎に多重分離するn個の多重分離回路と、多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路とを備えたものである。

このことによって、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービ

スを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することができる効果を奏する。

請求の範囲第3項記載の発明に係る光受信装置は、電気受信信号を $2^n - 1$ 個の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する1個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせたnビット並列符号に符号化する符号化器と、nビット並列符号および軟判定識別器の識別レベルを掃引する1個以上の識別器によって識別された識別結果をビット毎に多重分離する $n + 1$ 個以上の多重分離回路と、nビット並列符号について多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および多重分離回路によって識別レベルを掃引する1個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路とを備えたものである。

このことによって、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することができる。

また、 $2^n - 1$ 個以外に識別レベルを掃引する識別器を加えることで、より正確に確率密度分布を推定でき、各識別器の識別レベルを高精度に制御することができる効果を奏する。

請求の範囲第4項記載の発明に係る光受信装置は、電気受信信号を 2

n 個以上の識別器で識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 2^n 個以上の識別器の識別結果から $2^n - 1$ 個の識別器の識別結果を選択するセレクタと、 $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた n ビット並列符号に符号化する符号化器と、 n ビット並列符号をビット毎に多重分離する n 個の多重分離回路と、多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定 F E C 復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて上記セレクタにおける $2^n - 1$ 個の識別器の選択信号を出力する識別器選択制御回路とを備えたものである。

このことによって、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することができる。

また、符号化に必要な識別器以上の多数の識別器を備えた構成により、微細な識別レベルの制御を行わなくても、容易に精度良く識別器識別分布を得ることができる効果を奏する。

請求の範囲第 5 項記載の発明に係る光受信装置は、電気受信信号を $2^n - 1$ 個の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器、および識別位相を掃引する 1 個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた n ビット並列符号に符号化する符号化器と、 n ビット並列符号および軟判定識別器の識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器、および識別位相を掃引する 1 個以上の識別器によって識別された識別結果をビット毎に多重分離する $n + 2$ 個以上の多重分離回路と、 n ビット並列符

号について多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および多重分離回路によって識別レベルを掃引する1個以上の識別器、および識別位相を掃引する1個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器、および識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路とを備えたものである。

このことによって、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することができる。

また、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別位相を掃引する1個以上の識別器を加えることで、最適識別位相を判明することができると共に、識別レベルを掃引する識別器を加えることで、その最適識別位相でより正確に確率密度分布を推定でき、各識別器の識別レベルを高精度に制御することができる効果を奏する。

請求の範囲第6項記載の発明に係る光受信装置は、電気受信信号を $2^n - 1$ 個の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する1個以上の識別器、および識別位相

を掃引する 1 個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別結果、または識別位相を掃引する 1 個以上の識別器の識別結果を選択するセレクタと、 $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた n ビット並列符号に符号化する符号化器と、 n ビット並列符号およびセレクタによって選択された軟判定識別器の識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別結果、または識別位相を掃引する 1 個以上の識別器の識別結果をビット毎に多重分離する $n + 1$ 個以上の多重分離回路と、 n ビット並列符号について多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定 F E C 復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および多重分離回路によって識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器、または識別位相を掃引する 1 個以上の識別器による識別結果について多重分離された多値の信号に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器、および識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別位相を掃引する 1 個以上の識別器の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路とを備えたものである。

このことによって、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することができる。

また、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別位相を掃引する 1 個以上の識別器を加えることで、最適識別位相を判明することができると共に、識別レベルを掃引する識別器を加えることで、その最適識別位相でより正確に確率密度分布を推定でき、各識別器の識別レベルを高精度に制御することができる。

さらに、セレクタを設けることによって、多重分離回路の数を減らすことができ、簡易な回路構成を実現できる効果を奏する。

請求の範囲第 7 項記載の発明に係る光受信装置は、電気受信信号を $2^n - 1$ 個の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルおよび識別位相を掃引する 1 個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた n ビット並列符号に符号化する符号化器と、n ビット並列符号および軟判定識別器の識別レベルおよび識別位相を掃引する 1 個以上の識別器の識別結果をビット毎に多重分離する $n + 1$ 個以上の多重分離回路と、n ビット並列符号について多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定 FEC 復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および多重分離回路によって識別レベルおよび識別位相を掃引する 1 個以上の識別器による識別結果について多重分離された多値の信号に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルおよび識別位相を掃引する 1 個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別位相を制御する

クロック位相制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルおよび識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路とを備えたものである。

このことによって、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することができる。

また、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルおよび識別位相を掃引する1個以上の識別器を加えることで、最適識別位相を判明することができると共に、その最適識別位相でより正確に確率密度分布を推定でき、各識別器の識別レベルを高精度に制御することができる。

さらに、識別レベルおよび識別位相を掃引する識別器は、1個で済ますことができ、簡易な回路構成を実現できる効果を奏する。

請求の範囲第8項記載の発明に係る光受信装置は、電気受信信号を $2^n - 1$ 個の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する1個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせたnビット並列符号に符号化する符号化器と、nビット並列符号および軟判定識別器の識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別結果をビット毎に多重分離する $n + 1$ 個以上の多重分離回路と、nビット並列符号について多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および多重分離回路によって識別レベルを掃引する1個以上の識別器による識別結果について多重分離された多値の信号に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器

における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、軟判定 FEC 復号化回路による誤り訂正後の誤りカウント数に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器、および識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路とを備えたものである。

このことによって、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することができる。

また、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器を加えることで、最適識別位相を判明することができると共に、その最適識別位相でより正確に確率密度分布を推定でき、各識別器の識別レベルを高精度に制御することができる。

さらに、識別レベルを掃引する識別器は、1 個で済ますことができ、掃引識別器用クロック位相制御回路を設ける必要が無く、簡易な回路構成を実現できる効果を奏する。

請求の範囲第 9 項記載の発明に係る光受信装置は、電気受信信号を複数の識別レベルで識別し、多値の識別信号を出力する軟判定識別手段と、多値の識別信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定誤り訂正復号化手段と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定手段と、確率密度分布に基づいて軟判定識別手段における複数の識別レベルを制御する識別レベル制御手段とを備えたものである。

このことによって、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービ

スを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することができる効果を奏する。

請求の範囲第10項記載の発明に係る光受信装置は、電気受信信号を $2^n - 1$ 個の識別器で識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせたnビット並列符号に符号化する符号化器と、nビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路とを備えたものである。

このことによって、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することができる効果を奏する。

請求の範囲第11項記載の発明に係る光受信装置は、電気受信信号を $2^n - 1$ 個の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する1個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせたnビット並列符号に符号化する符号化器と、nビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および軟判定識別器の識別レベルを掃引する1個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$

個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路とを備えたものである。

このことによって、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することができる。

また、 $2^n - 1$ 個以外に識別レベルを掃引する識別器を加えることで、より正確に確率密度分布を推定でき、各識別器の識別レベルを高精度に制御することができる効果を奏する。

請求の範囲第12項記載の発明に係る光受信装置は、電気受信信号を 2^n 個以上の識別器で識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 2^n 個以上の識別器の識別結果から $2^n - 1$ 個の識別器の識別結果を選択するセレクタと、 $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせたnビット並列符号に符号化する符号化器と、nビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいてセレクタにおける $2^n - 1$ 個の識別器の選択信号を出力する識別器選択制御回路とを備えたものである。

このことによって、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することができる。

また、符号化に必要な識別器以上の多数の識別器を備えた構成により、微細な識別レベルの制御を行わなくても、容易に精度良く識別器識別分布を得ることができる効果を奏する。

請求の範囲第13項記載の発明に係る光受信装置は、電気受信信号を $2^n - 1$ 個の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する1個以上の識別器、および識別位相を掃引する1個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせたnビット並列符号に符号化する符号化器と、nビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および軟判定識別器の識別レベルを掃引する1個以上の識別器、および識別位相を掃引する1個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器、および識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路とを備えたものである。

このことによって、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することができる。

また、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別位相を掃引する1個以上の識別器を加えることで、最適識別位相を判明することができると共に、識別レベルを掃引する識別器を加えることで、その最適識別位相でより正確

に確率密度分布を推定でき、各識別器の識別レベルを高精度に制御することができる効果を奏する。

請求の範囲第14項記載の発明に係る光受信装置は、電気受信信号を $2^n - 1$ 個の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する1個以上の識別器、および識別位相を掃引する1個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別結果、または識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別結果を選択するセレクタと、 $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせたnビット並列符号に符号化する符号化器と、nビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および軟判定識別器の識別レベルを掃引する1個以上の識別器、または識別位相を掃引する1個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器、および識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路とを備えたものである。

このことによって、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することが

できる。

また、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別位相を掃引する 1 個以上の識別器を加えることで、最適識別位相を判明することができると共に、識別レベルを掃引する識別器を加えることで、その最適識別位相でより正確に確率密度分布を推定でき、各識別器の識別レベルを高精度に制御することができる効果を奏する。

請求の範囲第 15 項記載の発明に係る光受信装置は、電気受信信号を $2^n - 1$ 個の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルおよび識別位相を掃引する 1 個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた n ビット並列符号に符号化する符号化器と、 n ビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定 FEC 復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および軟判定識別器の識別レベルおよび識別位相を掃引する 1 個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルおよび識別位相を掃引する 1 個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルおよび識別位相を掃引する 1 個以上の識別器の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路とを備えたものである。

このことによって、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービ

スを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することができる。

また、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルおよび識別位相を掃引する 1 個以上の識別器を加えることで、最適識別位相を判明することができると共に、その最適識別位相でより正確に確率密度分布を推定でき、各識別器の識別レベルを高精度に制御することができる。

さらに、識別レベルおよび識別位相を掃引する識別器は、1 個で済ますことができ、簡易な回路構成を実現できる効果を奏する。

請求の範囲第 16 項記載の発明に係る光受信装置は、電気受信信号を $2^n - 1$ 個の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、 $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた n ビット並列符号に符号化する符号化器と、 n ビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定 FEC 復号化回路と、各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および軟判定識別器の識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、確率密度分布に基づいて軟判定識別器における識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、軟判定 FEC 復号化回路による誤り訂正後の誤りカウント数に基づいて軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器、および識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路とを備えたものである。

これによって、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを

提供することができる高速・大容量の光受信装置を実現することができる。

また、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器を加えることで、最適識別位相を判明することができると共に、その最適識別位相でより正確に確率密度分布を推定でき、各識別器の識別レベルを高精度に制御することができる。

さらに、識別レベルを掃引する識別器は、1 個で済ますことができ、掃引識別器用クロック位相制御回路を設ける必要が無く、簡易な回路構成を実現できる効果を奏する。

請求の範囲第 17 項記載の発明に係る光受信装置は、閾値制御回路において、確率密度分布推定回路によって推定される確率密度分布が最適な分布になるように、軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御するようにしたものである。

このことによって、識別器の識別レベルを最適制御することによって、伝送品質を向上させることができる効果を奏する。

請求の範囲第 18 項記載の発明に係る光受信装置は、確率密度分布推定回路において、 $2^n - 1$ 個の識別器のうちの少なくとも 1 つ以上の判別結果、および識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の判別結果に基づいて確率密度分布を推定し、閾値制御回路において、確率密度分布推定回路によって推定される確率密度分布が最適な分布になるように、識別レベルを制御するようにしたものである。

このことによって、識別器の識別レベルを最適制御することによって、伝送品質を向上させることができる効果を奏する。

請求の範囲第 19 項記載の発明に係る光受信装置は、確率密度分布推定回路において、識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の判別結果に基づいて確率密度分布を推定し、閾値制御回路において、確率密度分布

推定回路によって推定される確率密度分布に基づいて、 $2^n - 1$ 個の識別器から得られる確率密度分布が最適な分布になるように、識別レベルを制御するようにしたものである。

このことによって、識別器の識別レベルを最適制御することによって、伝送品質を向上させることができる効果を奏する。

請求の範囲第 20 項記載の発明に係る光受信装置は、識別器選択制御回路において、確率密度分布推定回路によって推定される確率密度分布が最適な分布になるように、セレクタにおける $2^n - 1$ 個の識別器の選択信号を出力するようにしたものである。

このことによって、識別器の選択信号を最適制御することによって、伝送品質を向上させることができる効果を奏する。

請求の範囲第 21 項記載の発明に係る光受信装置は、最適な確率密度分布を、正規分布であるようにしたものである。

このことによって、伝送品質を向上させることができる効果を奏する。

請求の範囲第 22 項記載の発明に係る光受信装置は、符号化器において、 $2^n - 1$ 個の識別結果のうちの中央の識別レベルでの硬判定の識別結果と、中央の識別レベル以外の識別結果に基づくその硬判定の識別結果に対応した信頼度情報とからなる n ビット並列符号に符号化するようにしたものである。

このことによって、符号化器と軟判定 FEC 復号化回路との間に同期補足のためのフレーム同期やデスクランブル処理を設けた場合には、硬判定の識別結果に対してのみ処理を行えばよいため、簡易な回路構成で実現することができる効果を奏する。

請求の範囲第 23 項記載の発明に係る光受信装置は、符号化器において、軟判定識別器の出力に有り得ない識別結果が得られた場合に、優先

度情報に従って符号化するようにしたものである。

このことによって、軟判定識別器の識別結果に誤りが生じても、優先度情報に従って符号化することにより、符号化器での符号化が行えないパタンが生じるのを防ぐことができる効果を奏する。

請求の範囲第24項記載の発明に係る光受信装置は、優先度情報を、識別結果のうちの中央の識別レベルでの識別結果ほど優先度を高くするようにしたものである。

このことによって、軟判定識別器の識別結果に誤りが生じても、優先度情報に従って符号化することにより、符号化器での符号化が行えないパタンが生じるのを防ぐことができる効果を奏する。

請求の範囲第25項記載の発明に係る光受信装置は、符号化器において、中央の識別レベル以外の識別結果として有り得ない識別結果が出力された場合に、符号化可能なパタンへ訂正するビット数が最も少ないパタンに訂正し、訂正後のパタンが複数ある場合には、中央の識別レベルでの識別結果ほど訂正が無いパタンを訂正パタンとし、その訂正パタンに応じて信頼度情報を生成するようにしたものである。

このことによって、識別器で識別誤りが生じても、訂正ビット数が少なくなるパタンを訂正パタンとし、中央ほど誤らないとの優先度情報に基づいて識別誤りを訂正するため、符号化器での符号化が行えないパタンが生じるのを防ぐことができる効果を奏する。

請求の範囲第26項記載の発明に係る光受信装置は、符号化器において、 $2^n - 1$ 個の識別結果のうちの高い識別レベルに設定された識別器での有意の識別結果を優先し、その識別結果を有意とした高い識別レベルに応じて、硬判定の識別結果およびその硬判定の識別結果に対応した信頼度情報とからなるnビット並列符号に符号化するようにしたものである。

のことによって、識別器で識別誤りが生じても、高い識別レベルに設定された有意の識別結果を優先するとの優先度情報に基いて識別器誤りを訂正し、符号化器での符号化が行えないバタンが生じるのを防ぐことができる効果を奏する。

請求の範囲第27項記載の発明に係る光受信装置は、符号化器において、 $2^n - 1$ 個の識別結果のうちの低い識別レベルに設定された識別器での無意の識別結果を優先し、その識別結果を無意とした低い識別レベルに応じて、硬判定の識別結果およびその硬判定の識別結果に対応した信頼度情報とからなる n ビット並列符号に符号化するようにしたものである。

のことによって、識別器で識別誤りが生じても、低い識別レベルに設定された無意の識別結果を優先するとの優先度情報に基いて識別器誤りを訂正し、符号化器での符号化が行えないバタンが生じるのを防ぐことができる効果を奏する。

請求の範囲第28項記載の発明に係る光受信装置は、符号化器において、中央の識別レベルより高い識別レベルに設定された識別器の識別結果または中央の識別レベルより低い識別レベルに設定された識別器の識別結果の有意または無意の識別個数に応じて信頼度情報を生成するようにしたものである。

のことによって、識別器で識別誤りが生じても、上側、下側の識別レベルの順序は無く、有意または無意の識別個数から符号化を行うため、符号化が行えないバタンが生じるのを防ぐことができる効果を奏する。

請求の範囲第29項記載の発明に係る光受信装置は、符号化器において、 $2^n - 1$ 個の識別結果の有意または無意の識別個数に応じて、硬判定の識別結果およびその硬判定の識別結果に対応した信頼度情報とから

なる n ビット並列符号に符号化するようにしたものである。

このことによって、識別器で識別誤りが生じても、識別器の識別順序は無く、有意または無意の識別個数から符号化を行うため、符号化が行えないパタンが生じるのを防ぐことができる効果を奏する。

請求の範囲第 30 項記載の発明に係る光受信装置は、有意優先ビット符号化回路または無意優先ビット符号化回路によって符号化された一方の n ビット並列符号を選択して出力すると共に、その出力した少なくとも 1 つ以上前の n ビット並列符号に基づいて、それら有意優先ビット符号化回路または無意優先ビット符号化回路によって符号化された n ビット並列符号の選択を切換える優先度選択回路を備えたものである。

このことによって、識別器による識別誤りが生じている場合に、有意または無意よりの識別をすることができ、より精度の高い誤り訂正ができる効果を奏する。

請求の範囲第 31 項記載の発明に係る光受信装置は、符号化器において、 $2^n - 1$ 個の識別結果のうちの上端下端の識別レベルに設定された識別器での識別結果を優先し、それら識別結果として有り得ない識別結果が得られた場合に、1 つ内側の識別レベルに設定された識別器での識別結果に基づいて訂正して、硬判定の識別結果およびその硬判定の識別結果に対応した信頼度情報とからなる n ビット並列符号に符号化するようにしたものである。

このことによって、識別器で識別誤りが生じても、端の識別器ほど誤らず、端の識別器の識別結果が有り得ないパタンであれば、1 つ内側の識別器の識別結果に基き訂正するとの優先度情報に従って符号化を行うため、符号化が行えないパタンが生じるのを防ぐことができる効果を奏する。

請求の範囲第 32 項記載の発明に係る光受信装置は、各識別器からの

判別結果の分布が同一になるように閾値制御回路から各識別器への識別レベルを制御させ、それら各識別器を制御する識別レベルの差から各識別レベル誤差を検出する識別レベル誤差検出部を備え、閾値制御回路において、軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを識別レベル誤差検出部によって検出された各識別レベル誤差で補正して制御するようにしたものである。

このことによって、各識別レベル誤差で補正した識別レベルで $2^n - 1$ 個の識別器を制御することにより、より伝送品質を向上させることができる効果を奏する。

請求の範囲第33項記載の発明に係る光受信装置は、識別レベルを掃引する識別器からの識別結果と各識別器からの識別結果とが同一になるように閾値制御回路から各識別器への識別レベルを制御させ、閾値掃引制御回路からの識別レベルを掃引する識別器を制御する識別レベルとその閾値制御回路からのそれら各識別器を制御する識別レベルの差から各識別レベル誤差を検出する識別レベル誤差検出部を備え、閾値制御回路において、軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを識別レベル誤差検出部によって検出された各識別レベル誤差で補正して制御するようにしたものである。

このことによって、各識別レベル誤差で補正した識別レベルで $2^n - 1$ 個の識別器を制御することにより、より伝送品質を向上させることができる効果を奏する。

請求の範囲第34項記載の発明に係る光受信装置は、確率密度分布推定手段および識別レベル制御手段を、軟判定誤り訂正復号化手段によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果を保持するレジスタと、レジスタに保持された判別結果に基づいて確率密度分布を推定し、その推定した確率密度分布に基づいて軟判定識別手段における複数の

識別レベルを制御するディジタル演算処理部とするようにしたものである。

このことによって、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することができる効果を奏する。

図面の簡単な説明

第1図は従来の光受信装置を示す構成図である。

第2図は硬判定識別手段に入力される電気受信信号を示す波形図である。

第3図はこの発明の実施の形態1による光受信装置を示す構成図である。

第4図はこの発明の実施の形態1による光受信装置の詳細を示す構成図である。

第5図は電気受信波形に対する各識別器の識別レベルを示す説明図である。

第6図は各識別器のマークとスペースの8通りの識別結果を示す説明図である。

第7図は8通りの識別結果を3ビット符号化した例を示す説明図である。

第8図はnビット符号化の手順を示すフローチャートである。

第9図は電気受信波形に対する識別レベルの関係を示す説明図である。

第10図は電気受信波形に対する帰還制御前と後での各識別器でのマークとスペースの識別頻度を示す特性図である。

第11図はこの発明の実施の形態1による帰還制御により各識別器の

識別レベルを制御する手法を示すフローチャートである。

第12図はこの発明の実施の形態2による光受信装置の詳細を示す構成図である。

第13図はこの発明の実施の形態2による帰還制御により各識別器の識別レベルを制御する手法を示すフローチャートである。

第14図はこの発明の実施の形態3による光受信装置の詳細を示す構成図である。

第15図はこの発明の実施の形態4による光受信装置の詳細を示す構成図である。

第16図は識別位相および識別レベルの探索手法を示す説明図である。

。

第17図は識別位相の探索手法を示す説明図である。

第18図は識別レベル D_{+1} での識別頻度を示す特性図である。

第19図は識別レベル D_{-1} での識別頻度を示す特性図である。

第20図は識別レベルの探索手法を示す説明図である。

第21図は各識別レベルでの識別頻度を示す特性図である。

第22図はこの発明の実施の形態5による信号フォーマットを示す説明図である。

第23図は識別レベル D_{+1} での識別頻度を示す特性図である。

第24図は識別レベル D_{-1} での識別頻度を示す特性図である。

第25図はこの発明の実施の形態6による光受信装置の詳細を示す構成図である。

第26図はこの発明の実施の形態7による光受信装置の詳細を示す構成図である。

第27図は識別位相および識別レベルの探索手法を示す説明図である。

。

第28図は識別位相の探索手法を示す説明図である。

第29図は各識別位相での識別頻度を示す特性図である。

第30図はこの発明の実施の形態8による信号フォーマットを示す説明図である。

第31図は各識別位相での識別頻度を示す特性図である。

第32図はこの発明の実施の形態9による光受信装置の詳細を示す構成図である。

第33図はこの発明の実施の形態10による符号化器におけるnビット符号化の手順を示すフローチャートである。

第34図は全識別結果パタンを示す説明図である。

第35図は全識別結果パタンからの符号化結果を示す説明図である。

第36図はこの発明の実施の形態11による符号化器において識別誤りを訂正する手法を示す説明図である。

第37図はこの発明の実施の形態12による識別器が誤り無く動作した時の通常の識別結果を示す説明図である。

第38図は識別器で識別誤りが生じても、符号化が行える符号化方法の一例を示す説明図である。

第39図は優先度情報に基いた符号化パタンを示す説明図である。

第40図はこの発明の実施の形態13による識別器で識別誤りが生じても、符号化が行える符号化方法の一例を示す説明図である。

第41図は優先度情報に基いた符号化パタンを示す説明図である。

第42図はこの発明の実施の形態14による識別器で識別誤りが生じても、符号化が行える符号化方法の一例を示す説明図である。

第43図は優先度情報に基いた符号化パタンを示す説明図である。

第44図はこの発明の実施の形態15による識別器で識別誤りが生じても、符号化が行える符号化方法の一例を示す説明図である。

第45図は優先度情報に基づいた符号化パタンを示す説明図である。

第46図はこの発明の実施の形態16による識別器で識別誤りが生じても、符号化が行える符号化方法の一例を示す説明図である。

第47図は優先度情報に基づいた符号化パタンを示す説明図である。

第48図はこの発明の実施の形態17による受信ビット列に対する受信波形を示す説明図である。

第49図は優先度の変更が可能となる符号化器の内部構成を示す構成図である。

第50図はこの発明の実施の形態18による識別器で誤りが生じても、符号化が行える符号化方法の一例を示す説明図である。

第51図は符号化手順を示す説明図である。

第52図は符号化パタンを示す説明図である。

第53図はこの発明の実施の形態19による電源投入時に各識別器のマークとスペースの識別頻度から個体差を検出する手法を示す説明図である。

第54図は個体差を検出する処理手順を示すフローチャートである。

第55図はこの発明の実施の形態20による光受信装置の詳細を示す構成図である。

第56図は識別器の個体差調整を行う手順を示すフローチャートである。

第57図はこの発明の実施の形態21による光受信装置の詳細を示す構成図である。

第58図はこの発明の実施の形態22による光受信装置の詳細を示す構成図である。

第59図はこの発明の実施の形態23による光受信装置を示す構成図である。

第60図はディジタル演算処理部の処理手順を示すフローチャートである。

第61図はこの発明の実施の形態24による光受信装置を示す構成図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、この発明をより詳細に説明するために、この発明を実施するための最良の形態について、添付の図面に従って説明する。

実施の形態1.

第3図はこの発明の実施の形態1による光受信装置を示す構成図であり、図において、1は光受信装置、2は伝送路、3は光電気変換手段、7は軟判定識別手段、5は多重分離手段、8は軟判定FEC復号化手段（軟判定誤り訂正復号化手段）、9は確率密度分布推定手段、10は識別レベル制御手段である。

光電気変換手段3は、伝送路2を通じて到達した光受信信号を電気受信信号に変換し、軟判定識別手段7に出力する。軟判定識別手段7は、電気受信信号を複数の識別レベルで識別し、多値の識別信号を多重分離手段5へ出力する。多重分離手段5は、多値の識別信号を直列並列変換して多値の並列信号を軟判定FEC復号化手段8へ出力する。軟判定FEC復号化手段8は、多値の並列信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力し、また、確率密度分布推定手段9に多値の識別信号のマークとスペースの識別頻度を出力する。確率密度分布推定手段9は、各識別レベル毎の識別頻度結果に基づいて確率密度分布を推定し、識別レベル制御手段10に推定した確率密度分布を出力する。識別レベル制御手段10は、確率密度分布に基づいて軟判定識別手段7における複数の識別レベルを適切に制御する。

第4図はこの発明の実施の形態1による光受信装置の詳細を示す構成図であり、図において、11は光電気変換手段3に相当するものであり、光受信信号を電気受信信号に変換し、軟判定識別部12に出力するフォトダイオードである。

12は軟判定識別手段7に相当する軟判定識別部である。その軟判定識別部12において、13は3ビットの識別信号を得るため異なる識別レベルを持つ7つの識別器であり、各識別器13において電気受信信号のマーク／スペースを識別するものである。これら識別器13により軟判定識別器を構成する。14はそれら識別結果を符号化する符号化器であり、3ビットの並列符号を多重分離部15に出力するものである。

15は多重分離手段5に相当する多重分離部であり、その多重分離部15において、16はビット毎に直列並列変換する1:16多重分離回路（多重分離回路）であり、変換した並列信号をFEC復号部17に出力するものである。

17は軟判定FEC復号化手段8、確率密度分布推定手段9、および識別レベル制御手段10に相当するFEC復号部である。そのFEC復号部17において、18は多重分離部15によって多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を確率密度分布推定回路19に出力する軟判定FEC復号化回路である。19は各識別レベル毎の判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定し、閾値制御回路20に出力する確率密度分布推定回路である。20は確率密度分布に基づいて軟判定識別部12における各識別器13の識別レベルを算出し、制御信号として軟判定識別部12に出力する閾値制御回路である。

次に動作について説明する。

第4図において、フォトダイオード11は、光受信信号を電気受信信

号に変換して識別レベルの異なる 7 つの識別器 13 に出力する。識別器 13 では、各識別器毎の識別レベルでマーク “1” かスペース “0” かの識別が行われる。

第 5 図は電気受信波形に対する各識別器の識別レベルを示す説明図であり、例えば、各識別器 13 の識別レベルがこの第 5 図に示すように設定されている場合、7 つの識別器 13 の識別結果は、8 通りある。

第 6 図は各識別器のマークとスペースの 8 通りの識別結果を示す説明図である。

符号化器 14 は、各識別器 13 の識別結果を受けて、8 通りの状態を 2 進 3 ビットに符号化する。

第 7 図は 8 通りの識別結果を 3 ビット符号化した例を示す説明図である。これにより、符号化された 3 ビットから、マークに近いマークであるのか、スペースに近いマークであるのか、等の信頼度情報を含む符号に変換される。符号化器 14 は、3 ビット符号を 3 並列信号として、多重分離部 15 へ出力する。

なお、この実施の形態 1 では、3 ビット符号化の例について示したが、 n (n は自然数) ビット符号化をしても良い。

第 8 図は n ビット符号化の手順を示すフローチャートである。ステップ ST 1 ~ ST 3 を処理することにより、 n ビット符号化することができる。なお、 n ビット符号化を行う場合、識別器は $2^n - 1$ 個必要となる。

符号化器 14 からの 3 ビット並列信号は、多重分離部 15 に出力される。多重分離部 15 では、1 : 16 多重分離回路 16 により、ビット毎に直列並列変換されることで、速度変換された 48 ビット並列信号が FEC 復号部 17 に出力される。軟判定 FEC 復号化回路 18 では、信頼度情報を含んだ 48 ビット並列信号からビット誤りを訂正して、16 ビ

ット並列の受信信号を出力する。また、7つの識別器13のマーク／スペースの識別頻度を確率密度分布推定回路19へ出力する。確率密度分布推定回路19では、各識別器13の識別頻度に基づいて確率密度分布を推定する。

確率密度分布推定回路19では、信頼度情報を含む信号を一定量見ることで、7つの識別器13のマークとスペースの識別頻度を探る。軟判定FEC復号化回路18で誤り訂正を行っているので、これに対し各識別器13での誤り率が得られる。これに基づいて確率密度分布を推定する。推定された確率密度分布は、閾値制御回路20に出力される。閾値制御回路20では、7つの識別器13が最適な識別レベルになるよう、識別レベルを制御する制御信号を7つの識別器13に出力し帰還制御する。

第9図は電気受信波形に対する識別レベルの関係を示す説明図、第10図は電気受信波形に対する帰還制御前と後での各識別器でのマークとスペースの識別頻度を示す特性図、第11図はこの発明の実施の形態1による帰還制御により各識別器の識別レベルを制御する手法を示すフローチャートである。

以下、帰還制御により各識別器の識別レベルを制御する具体例を第9図から第11図、特に、第11図の処理手順に沿って説明する。第9図は電気受信波形に対する識別レベルの関係を示したものであり、各識別器13は、初期閾値で識別を行い、各識別レベルでの識別累積頻度を探る（ステップST11, ST12）。その結果、各識別レベルでのマークとスペースの識別頻度は第10図（a）に示すようになったと仮定する。各識別器13のマークとスペースの識別頻度は、偏りがあり識別レベルの設定が最適でない（ステップST13）。誤り訂正性能が最も高くなる頻度分布があり、ここでは直線的な分布として、この分布に制御

する例で説明する。

この分布形状に近づけるために、各識別器 1 3 の識別レベルについて、 D_{-3} のレベルは上げ、 D_{-2} のレベルは下げ、 D_{+1} 、 D_{+2} 、 D_{+3} のレベルは下げるよう設定すると（ステップ S T 1 4）、各識別器 1 3 の識別頻度を所望の形状に近づけることが可能である。第 9 図の帰還制御後閾値により第 10 図（b）のように所望の識別頻度に設定可能となる。

なお、上記例での最適分布は、直線的な分布であるが、例えば、正規分布になるように調整しても良い。

なお、この実施の形態 1 では、7 つの識別器 1 3 の全てから確率密度分布を推定していたが、全ての識別器 1 3 を使わず一部の識別器 1 3 から推定しても良い。

また、この実施の形態 1 では、各識別レベルでのマークとスペースの識別頻度から確率密度分布を推定したが、以下のように推定しても良い。

各識別器 1 3 で識別された結果のマーク／スペースの割合は、累積値である。マークをスペースと誤判定する確率は、 $(1/2) \operatorname{erfc}((I_1 - ID_k) / (\sigma_1 \cdot \sqrt{2}))$ であり、マーク率が $1/2$ ならマークをスペースと誤判定する確率は、 $(1/4) \operatorname{erfc}((I_1 - ID_k) / (\sigma_1 \cdot \sqrt{2}))$ となり、 k 番目の閾値 ID_k におけるマークをスペースと誤判定する確率となる。これをマークについて 7 つの識別器分算出し、 erfc の特性にフィッティングさせると、 I_1 （マークが識別される平均電圧）と、 σ_1 （マークが識別される分散電圧）が分かることとなる。同様にスペースについても行う。これによって、確率密度分布が推定できる。

以上のように、この実施の形態 1 では、各識別器 1 3 で複数の識別レ

ベルで受信した多値信号には、マークとスペースの信頼度情報を含み、複数の識別レベルは誤り訂正能力が最も良くなるレベルに設定され、誤り訂正を行う構成とした。そのため、光受信信号の品質が劣化しても、高品質なサービスを提供することが可能な高速・大容量の光受信装置を実現することができる。また、軟判定FEC復号化回路18は、並列展開された並列多値信号と並列化された信頼度情報をから誤り訂正を行うので、大規模集積・低消費電力化が可能なCMOS LSIで構成することができ、装置の小型・低消費電力化が可能となる。

実施の形態2.

第12図はこの発明の実施の形態2による光受信装置の詳細を示す構成図であり、実施の形態1で示した第4図の光受信装置1の構成に、2ⁿ-1個の識別器13以外に識別レベルを掃引できる掃引用識別器（識別器）21と、その識別結果を並列信号に変換する1:16多重分離回路（多重分離回路）16と、掃引用識別器21の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路22を加えたものである。

この掃引用識別器21による識別結果は、多重分離部15に出力され、1:16多重分離回路16で、16ビットの並列信号に変換され、確率密度分布推定回路19に送られる。確率密度分布推定回路19から、閾値掃引制御回路22へ推定された確率密度分布が送られる。この分布に基づいて掃引用識別器21の識別レベルを制御する。

次に動作について説明する。

掃引用識別器21は、他の識別器13の識別レベル間を補間する識別レベルに設定され、電気受信信号をマークとスペースに判別する。判別結果は多重分離部15に送られる。送られるデータは、マークかスペースかの情報ビットである。多重分離部15では、1:16多重分離回路

16により速度変換された並列信号を出力する。確率密度分布推定回路19では、他の7つの識別器13の判定結果と合わせて、マークとスペースの識別頻度の累積を探る。これより実施の形態1と同様に確率密度分布を推定し、分布を閾値掃引制御回路22に出力する。掃引用識別器21へは他の識別器13の識別レベルを補間する閾値に設定するよう制御信号を閾値掃引制御回路22から出力する。

第13図はこの発明の実施の形態2による帰還制御により各識別器の識別レベルを制御する手法を示すフローチャートである。

掃引用識別器21の識別レベルは、識別器13の識別レベルの間に設定する（ステップST21）。掃引用識別器21の識別レベルが、7つの識別器13の識別レベルの補間値を探るように制御されれば、掃引用識別器21がない場合（第11図）と同様の手順で、より正確に誤り訂正性能が高くなる所望の分布に調整可能である（ステップST22～ST25）。その他の動作は実施の形態1と同様である。

なお、この実施の形態2では、7つの識別器13と掃引用識別器21との識別頻度から確率密度分布を推定しているが、7つの識別器13と掃引用識別器21の全てを使わずに一部の識別器から推定する、または掃引用識別器21のみで推定しても良い。

また、この実施の形態2では、掃引用識別器21、および1:16多重分離回路16を通じて直接に、確率密度分布推定回路19に出力したが、掃引用識別器21、1:16多重分離回路16、軟判定FEC復号化回路18を通じて、確率密度分布推定回路19に出力するようにしても良い。

さらに、この実施の形態2では、掃引用識別器21を1個だけ設けた構成について示したが、複数の掃引用識別器21を設け、それら複数の掃引用識別器21の識別レベルを閾値掃引制御回路22によって制御す

るようにも良い。

以上のように、この実施の形態2では、 $2^n - 1$ 個以外に識別レベルを掃引できる掃引用識別器21を加えることで、より正確に確率密度分布を推定でき、各識別器13の識別レベルが高精度に制御可能となる。

なお、この実施の形態2においても、nビット符号化が可能である。

実施の形態3。

第14図はこの発明の実施の形態3による光受信装置の詳細を示す構成図であり、8個以上の識別器13から7個の識別器13を選択し、7ビット識別信号を出力する構成の光受信装置1の一例である。

図では、実施の形態1で示した第4図の光受信装置1の構成において、識別器13の個数を8個以上に増やし、8個以上の識別器13から7個の識別器13を選択するセレクタ23を備え、閾値制御回路20の代わりに識別器選択制御回路24を備えたものである。

8個以上の識別器13の識別結果をセレクタ23に出力し、セレクタ23は、3ビット符号化に必要な7つの識別器13の識別結果を選択し、符号化器14に出力する。識別器13の選択は、実施の形態1と同様に各識別器13の識別頻度から確率密度分布を推定し、確率密度分布推定回路19からの確率密度分布に基づいて、識別器選択制御回路24で決定される。その他の動作は実施の形態1と同様である。

なお、この実施の形態3では、3ビット符号化の一例について示したが、 2^n 個以上の識別器13から $2^n - 1$ 個の識別器13を選択する構成とすれば、nビット符号化が可能である。

また、この実施の形態3では、選択された7つの識別器13から確率密度分布を求めていたが、7つ全ての識別器13を使わずに推定しても良い。

以上のように、この実施の形態3では、符号化に必要な識別器以上の多数の識別器を備えた構成により、微細な識別レベルの制御を行わなくとも、容易に精度良く識別器識別分布を得ることができる。

実施の形態4.

第15図はこの発明の実施の形態4による光受信装置の詳細を示す構成図であり、実施の形態2で示した第12図の光受信装置1の構成に、 $2^n - 1$ 個の識別器13以外に識別レベルを掃引できる掃引用識別器（振幅方向：識別器）25と、識別位相を掃引できる掃引用識別器（位相用：識別器）26と、その識別結果を並列信号に変換する1:16多重分離回路（多重分離回路）16と、 $2^n - 1$ 個の識別器13および掃引用識別器（振幅方向）25の識別位相を制御するクロック位相制御回路27と、掃引用識別器（位相用）26の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路28とを加えたものである。

次に動作について説明する。

第15図において、光受信装置は、3ビットの識別信号を得るため、7つの識別器13を備えている。フォトダイオード11は、光受信信号を電気受信信号に変換し、軟判定識別部12に出力する。

軟判定識別部12は、異なる識別レベルを持つ7つの識別器13と、識別レベルを掃引できる掃引用識別器25と、識別位相を掃引できる掃引用識別器26と、識別結果を符号化する符号化器14とから構成され、電気信号のマーク／スペースを判別し、7つの識別器13の識別結果を符号化器14で符号化し、多重分離部15に出力する。識別レベル掃引用の掃引用識別器25と識別位相掃引用の掃引用識別器26での識別結果も、多重分離部15へ出力される。

多重分離部15は、ビット毎に直列並列変換する1:16多重分離回

路 16 を備え、変換した並列信号を F E C 復号部 17 に出力する。

F E C 復号部 17 は、軟判定 F E C 復号化回路 18 と、確率密度分布推定回路 19 と、閾値制御回路 20 と、閾値掃引制御回路 22 と、クロック位相制御回路 27 と、掃引識別器用クロック位相制御回路 28 とから構成され、符号化器 14 で符号化された並列信号が軟判定 F E C 復号化回路 18 と、確率密度分布推定回路 19 に入力される。識別レベル掃引用の掃引用識別器 25 と識別位相掃引用の掃引用識別器 26 からの並列信号は、確率密度分布推定回路 19 に入力される。軟判定 F E C 復号化回路 18 からは、誤り訂正後の並列信号が出力される。確率密度分布推定回路 19 は、各識別器の判別結果から分布を推定し、その推定分布が閾値制御回路 20 および閾値掃引制御回路 22 に送られる。また、クロック位相制御回路 27 と掃引識別器用クロック位相制御回路 28 へ各位相毎の識別頻度が出力される。閾値制御回路 20 および閾値掃引制御回路 22 は、推定分布に基づいて閾値を算出して制御信号を軟判定識別部 12 に出力する。クロック位相制御回路 27 と掃引識別器用クロック位相制御回路 28 は、各位相毎の識別頻度に基づいて、所望のクロック位相に調整する。

第 16 図は識別位相および識別レベルの探索手法を示す説明図、第 17 図は識別位相の探索手法を示す説明図、第 18 図は識別レベル D_{+1} での識別頻度を示す特性図、第 19 図は識別レベル D_{-1} での識別頻度を示す特性図である。

第 16 図は識別器 13 の識別レベルおよび識別位相を調整するために、受信電気波形に対して、識別位相を掃引できる掃引用識別器 26 で識別位相を探索し、識別レベルを掃引できる掃引用識別器 25 で識別レベルを探索することを示している。これより位相調整手順を説明する。

第 17 図は位相探索法を説明するものである。まず、1 ビット分の時

間幅をいくつかに分ける。ここでは $\phi_{-2s} \sim \phi_{2s}$ までの 5 ポイントとする。識別位相を掃引できる掃引用識別器 26 の識別レベルを D_{+1} に固定し、識別位相を掃引できる掃引用識別器 26 により 5 ポイントの各位相の 0, 1 の識別頻度を探る。ここでは、0, 1 の識別頻度が第 18 図のようになったとする。情報データ 1 は上に凸となり、情報データ 0 は下に凸となる。

次に、識別位相を掃引できる掃引用識別器 26 の識別レベルを D_{-1} に固定し、5 ポイントの各位相の 0, 1 の識別頻度を探る。この時、0, 1 の識別頻度が第 19 図のようになったとする。識別レベルを低く設定したので、逆に情報データ 1 は下に凸となり、情報データ 0 は上に凸となる。

0, 1 がそれぞれ 1/2 の確率で送信されていれば、識別レベルが中央に近づくほど、0 と 1 の頻度は等しくなるため、凸の部分が最適識別位相となる。よってこの時、 D_{+1} と D_{-1} で求めた最適識別位相の真中部分を最適位相とする。

識別位相を掃引できる掃引用識別器 26 で最適識別位相が判明したので、次にこの位相を識別器 13 および識別レベルを掃引できる掃引用識別器 25 の識別位相とする。

第 20 図は識別レベルの探索手法を示す説明図、第 21 図は各識別レベルでの識別頻度を示す特性図である。

第 20 図に最適位相で最適識別レベルを探索するために、識別レベルを掃引できる掃引用識別器 25 に設定する識別レベルを示す。識別レベルを掃引できる掃引用識別器 25 では、識別器 13 の識別レベル間を補完する識別レベルに設定して各識別レベルでの識別頻度を探る。ここでは、 $D_{+3s} \sim D_{-3s}$ までの 6 ポイントとする。第 21 図は各識別レベルでの識別頻度を示す。図示していないが、識別器 13 の各識別レベルで

の識別頻度もあるので、精度の高い頻度分布が得られ、確率密度分布が推定できる。

識別器 1 3 および識別レベルを掃引できる掃引用識別器 2 5 により、最適識別位相での確率密度分布が判明する。識別器 1 3 の各識別レベルは、確率密度分布から所望の識別レベルに調整される。

なお、この実施の形態 4 では、位相探索の際に 2 つの識別レベルに識別位相を掃引できる掃引用識別器 2 6 を設定して探索したが、より多くの識別レベルで探索すれば、より高い精度で最適位相が探索できる。また、この最適位相探索により、識別器 1 3 の誤判別を抑えることもでき、より精度の高い軟判定識別が可能となる。

以上のように、この実施の形態 4 では、識別位相を掃引できる掃引用識別器 2 6 を加えることで、最適識別位相を判明することができると共に、識別レベルを掃引できる掃引用識別器 2 5 を加えることで、その最適識別位相でより正確に確率密度分布を推定でき、各識別器 1 3 の識別レベルを高精度に制御することができる。

実施の形態 5 .

第 2 2 図はこの発明の実施の形態 5 による信号フォーマットを示す説明図、第 2 3 図は識別レベル D_{+1} での識別頻度を示す特性図、第 2 4 図は識別レベル D_{-1} での識別頻度を示す特性図である。

上記実施の形態 4 では、信号フォーマットが N R Z (Non Return to Zero) フォーマットであったが、第 2 2 図に示す R Z (Return to Zero) フォーマットでも良い。

上記実施の形態 4 と同様に、識別位相を掃引できる掃引用識別器 2 6 の識別レベルを複数設定して各位相での識別頻度を探る。2 つの識別レベルを例に、この時、識別頻度が、第 2 3 図および第 2 4 図であったと

する。R Zなので、識別レベルが高い時ほど急峻な特性で、低い時ほど平坦な特性となる。それぞれの凸となる位相から同様に最適位相を求める。

以上のように、この実施の形態5では、信号フォーマットがR Zフォーマットでも最適位相を求めることができる。

実施の形態6.

第25図はこの発明の実施の形態6による光受信装置の詳細を示す構成図であり、実施の形態4で示した第15図の光受信装置1の構成に、セレクタ29を加えたものである。

次に動作について説明する。

第25図において、上記実施の形態4で示した光受信装置1の識別レベルを掃引できる掃引用識別器25と識別位相を掃引できる掃引用識別器26の出力にセレクタ29を加えた構成である。最適位相を探索している時は、識別レベル探索用の掃引用識別器25は使用しておらず、逆に最適識別レベルを探索している時は、識別位相探索用の掃引用識別器26を使用していない。そのため、セレクタ29で、どちらか一方の結果のみ取り出すようにする。出力は1:16多重分離回路16に送られるが、セレクタ29により1:16多重分離回路16を減らすことができ、並列展開数を抑えられるので、簡易な回路構成で実現できる。

以上のように、この実施の形態6では、セレクタ29を設けることによって、1:16多重分離回路16を減らすことができ、簡易な回路構成で実現できる。

実施の形態7.

第26図はこの発明の実施の形態7による光受信装置の詳細を示す構

成図であり、実施の形態4で示した第15図の光受信装置1の構成に、
2ⁿ - 1個の識別器13以外に識別レベルおよび識別位相を掃引できる
掃引用識別器（識別器）30を加えたものである。

次に動作について説明する。

第26図において、光受信装置は、3ビットの識別信号を得るため、
7つの識別器13を備えている。フォトダイオード11は、光受信信号
を電気受信信号に変換し、軟判定識別部12に出力する。

軟判定識別部12は、異なる識別レベルを持つ7つの識別器13と、
識別レベルおよび識別位相を掃引できる掃引用識別器30と、識別結果
を符号化する符号化器14とから構成され、電気信号のマーク／スペー
スを判別し、7つの識別器13の識別結果を符号化器14で符号化し、
多重分離部15に出力する。識別レベルおよび識別位相の掃引用識別器
30での識別結果も、多重分離部15へ出力される。

多重分離部15は、ビット毎に直列並列変換する1:16多重分離回
路16を備え、変換した並列信号をFEC復号部17に出力する。

FEC復号部17は、軟判定FEC復号化回路18と、確率密度分布
推定回路19と、閾値制御回路20と、閾値掃引制御回路22と、クロ
ック位相制御回路27と、掃引識別器用クロック位相制御回路28とから
構成され、符号化器14で符号化された並列信号が軟判定FEC復号
化回路18と確率密度分布推定回路19に入力される。識別レベルおよ
び識別位相の掃引用の掃引用識別器30からの並列信号は、確率密度分
布推定回路19に入力される。軟判定FEC復号化回路18からは、誤
り訂正後の並列信号が出力される。確率密度分布推定回路19は、各識
別器13の判別結果から分布を推定し、その推定分布が閾値制御回路2
0および閾値掃引制御回路22に送られる。クロック位相制御回路27
と掃引識別器用クロック位相制御回路28には、各位相に対する確率密

度分布が出力される。クロック位相制御回路 27 と掃引識別器用クロック位相制御回路 28 は、各位相に対する確率密度分布に基づいて、識別器 13 と識別レベルおよび識別位相の掃引用の掃引用識別器 30 の識別位相を最適なクロック位相に調整する。閾値制御回路 20 および閾値掃引制御回路 22 は、最適なクロック位相の時の推定分布に基づいて閾値を算出して制御信号を軟判定識別部 12 に出力する。

第 27 図は識別位相および識別レベルの探索手法を示す説明図、第 28 図は識別位相の探索手法を示す説明図、第 29 図は各識別位相での識別頻度を示す特性図である。

第 27 図は識別器 13 の識別レベルおよび識別位相を調整するために、受信電気波形に対して、識別レベルおよび識別位相を掃引できる掃引用識別器 30 で、識別レベルと識別位相を交互に掃引しながら、1 ビット時間幅分の各位相に対する識別頻度から識別器 13 の最適な識別位相を探索することを示している。これより位相探索手順を説明する。

第 28 図は位相探索法を説明するものである。まず、1 ビット分の時間幅をいくつかに分ける。ここでは簡易のため 3 つの位相の例で説明する。次に各位相において識別頻度を探る識別レベルを決める。ここでは各位相について $D_{+3} \sim D_{-3}$ まで 7 つの識別レベルでの識別頻度を探る。閾値掃引制御回路 22 と掃引識別器用クロック位相制御回路 28 で、識別レベルおよび識別位相の掃引用識別器 30 の識別位相と識別レベルを調整しながら、識別頻度を探る。各位相の各識別レベルの識別頻度を探ると、第 29 図に示す識別位相毎の識別頻度、すなわち確率密度分布が得られる。0 と 1 が送信される確率が等しい時、1 ビット時間幅の端の方では、波形の立ち上がりまたは立下り部分であるため、識別レベルの高い方では 0 の判定が極端に多くなり、低い方では 1 の判定が極端に多くなる。これにより、1 ビット時間幅の両端の位置がわかるので、そ

の中央を最適位相とし、識別器 13 の識別位相とする。その最適位相で、再び識別頻度から確率密度分布を求め、これより、識別器 13 の各識別レベルを調整する。ここでは 3 つの位相について識別頻度を求めた例であるが、より多くの位相で求めておけば、最適位相を求める精度も上げられる。

以上のように、この実施の形態 7 では、識別レベルおよび識別位相を掃引できる掃引用識別器 30 を 1 個で済ますことができ、簡易な回路構成を実現できる。

実施の形態 8 .

第 30 図はこの発明の実施の形態 8 による信号フォーマットを示す説明図、第 31 図は各識別位相での識別頻度を示す特性図である。

上記実施の形態 7 では、信号フォーマットが NRZ (Non Return to Zero) フォーマットであったが、第 30 図に示す RZ (Return to Zero) フォーマットでも良い。

上記実施の形態 7 と同様に、識別レベルおよび識別位相の掃引用識別器 30 の識別レベルを複数設定して各位相での識別頻度を探る。3 つの識別位相を例に、この時、識別頻度が、第 31 図であったとする。RZ なので、1 ビット時間幅の端の方では、波形の立ち上がりまたは立下り部分となるため、高い識別レベルでは、0 の頻度が高くなる。中央付近では識別頻度勾配が緩やかになる。これにより、上記実施の形態 7 と同様に 1 ビット時間幅の両端の位置がわかるので、その中央を最適位相とし、その最適位相で、再び識別頻度から確率密度分布を求め、これより、識別器 13 の各識別レベルを調整する。ここでは 3 つの位相について識別頻度を求めた例であるが、より多くの位相で求めておけば、最適位相を求める精度も上げられる。

以上のように、この実施の形態 8 では、信号フォーマットが RZ フォーマットでも最適位相を求めることができる。

実施の形態 9 .

第 32 図はこの発明の実施の形態 9 による光受信装置の詳細を示す構成図であり、実施の形態 6 で示した第 25 図の光受信装置 1 の構成において、識別位相を掃引できる掃引用識別器 26 を取り除き、クロック位相制御回路 27 へは、軟判定 FEC 復号化回路 18 での軟判定誤り訂正の際の誤りカウント数を出力する構成である。さらに、掃引識別器用クロック位相制御回路 28 を取り除いている。

次に動作について説明する。

第 32 図において、クロック位相制御回路 27 で、識別器 13 および識別レベルを掃引できる掃引用識別器 25 の識別位相を変動させる。これに伴い、軟判定 FEC 復号化回路 18 での誤りカウント数も変動する。誤りカウント数が最も少なくなる位相が最適位相となる。クロック位相制御回路 27 では、その最適位相に識別位相を調整する。最適位相にて、識別頻度から確率密度分布を求め、識別器 13 を調整する手順は、他の実施の形態と同様である。

以上のように、この実施の形態 9 では、識別位相を掃引できる掃引用識別器 26 、および掃引識別器用クロック位相制御回路 28 を取り除き、簡易な回路構成を実現できる。

実施の形態 10 .

第 33 図はこの発明の実施の形態 10 による符号化器における n ビット符号化の手順を示すフローチャート、第 34 図は全識別結果バタンを示す説明図、第 35 図は全識別結果バタンからの符号化結果を示す説明

図である。

第33図に示した手順に沿って説明する。

電気受信信号を $2^n - 1$ 個の識別器13で識別すると(ステップS T 3 1)、第34図に示すように、7つの識別器13の出力には8通りの識別結果が得られ、この状態を表すために3ビット符号化する。

中央の識別レベルで識別結果がマークなら、これより低い識別レベルの識別器13は全てマークであり(ステップS T 3 2)、高い識別レベルの識別結果は4通りである。これから、よりマークに近いマーク(D_{+1} 、 D_{+2} 、 D_{+3} で全てマークの識別)からスペースに近いマーク(D_{+1} 、 D_{+2} 、 D_{+3} で全てスペースの識別)までの4通りの状態に対して、2進2ビットの信頼性情報を持つ符号に変換する。

第35図は変換結果である。最初の1ビットを中央識別レベルでのマークとスペースの硬判定の識別結果に割り当て、残り2ビットをその識別結果に対応した信頼度情報に割り当てる。2ビットは、識別がスペースに近いほど0、0に割り当て(マークの信頼性が低い)、マークに近いほど1、1に割り当てる(マークの信頼性が高い)。中央でスペースが識別された時も、同様の手法で割り当てを行い、各識別結果の符号化を行う。同様の手順でnビット符号化が可能である(ステップS T 3 3、S T 3 4)。その他の動作は実施の形態1から実施の形態3のいずれかと同様である。

以上のように、この実施の形態10では、以上の符号化手法を採ることにより、図示していないが、軟判定識別部12とFEC復号部17の間に同期補足のためのフレーム同期やデスクランブル処理を設けた場合には、硬判定結果である1ビット目(中央識別器 D_c の結果)に対してのみ処理を行えば良いため、簡易な回路構成で実現することが可能である。

実施の形態 1 1 .

第 3 6 図はこの発明の実施の形態 1 1 による符号化器において識別誤りを訂正する手法を示す説明図である。

この実施の形態 1 1 では、識別器 1 3 の識別に誤りが生じても、符号化器 1 4 で符号化が行えるようにする一例を示している。7 つの識別器 1 3 の識別レベルが第 3 6 図に示すレベルに設定されており、識別結果が識別結果（ステップ S T 3 5）になった時、これは通常有り得ない識別で、いずれかの識別器 1 3 の識別に誤りが含まれている。ここでは、パタンから D_{+3} または D_{+2} の識別器 1 3 に誤りが発生していると考えられる。そのため訂正パタン（ステップ S T 3 6）は 2 種類ある。訂正方法として、例えば、“中心識別レベルに近い識別器ほど誤らず、結果の優先度が高い”（ステップ S T 3 7, S T 3 8）という優先度情報に従うと、誤りを発生したのは D_{+3} で、これを訂正すると訂正後パタン（ステップ S T 3 9）となる。その他の動作は実施の形態 1 から実施の形態 3 のいずれかと同様である。

以上のように、この実施の形態 1 1 では、識別器 1 3 の識別に誤りが生じても、ある優先度情報に基いて訂正し、符号化器 1 4 での符号化が行えないパタンが生じるのを防ぐことができる。

実施の形態 1 2 .

第 3 7 図はこの発明の実施の形態 1 2 による識別器が誤り無く動作した時の通常の識別結果を示す説明図であり、上記実施の形態における第 3 4 図と第 3 5 図とを組み合せて表現したものである。第 3 8 図は識別器で識別誤りが生じても、符号化が行える符号化方法の一例を示す説明図、第 3 9 図は優先度情報に基いた符号化パタンを示す説明図である。

第34図に示すように、識別器が誤り無く動作すれば、上記実施の形態10に示した符号化方法で符号化が行えるが、識別に誤りが生じた時には符号化が行えない。各識別器の個体差の調整不十分等により、識別誤りが生じる。第38図は識別器で識別誤りが生じても、符号化が行える符号化方法の一例を示している。ここでは、“訂正ビット数が一番少なくなるパタンを訂正パタンとし、それが複数ある場合には、中央ほど誤りにくい”との優先度情報に従って符号化する。第39図はこの優先度情報に基いた符号化パタンである。この方法は、各識別器が誤り無く識別できれば、3ビット符号化パタンは第35図と同様である。誤りが生じた時、例えば、中央識別レベル D_c が1で、 $(D_{+3}, D_{+2}, D_{+1}) = (1, 0, 1)$ の時、訂正後のパタンは、訂正箇所が1ヶ所の $(D_{+3}, D_{+2}, D_{+1}) = (0, 0, 1)$ または $(1, 1, 1)$ が考えられるが、“中央ほど誤りにくい”との優先度情報から $(0, 0, 1)$ が訂正後のパタンとなる。これより、3ビットの符号化を行う。 D_c が0の場合も同様に訂正・符号化を行う。

以上のように、この実施の形態12では、識別器で識別誤りが生じても、訂正ビット数が少なくなるパタンを訂正パタンとし、中央ほど誤らないとの優先度情報に基いて識別器誤りを訂正するため、符号化器での符号化が行えないパタンが生じるのを防ぐことができる。

実施の形態13.

第40図はこの発明の実施の形態13による識別器で識別誤りが生じても、符号化が行える符号化方法の一例を示す説明図であり、第41図は優先度情報に基いた符号化パタンを示す説明図である。

この実施の形態13では、“高い識別レベルに設定された識別器での1の識別結果を優先する”との優先度情報に従って符号化する。第41

図はこの優先度情報に基づいた符号化パタンである。上記実施の形態 1 2 の符号化方法の第 3 9 図とは、斜線部分で示した識別結果に対する符号化パタンが異なる。この実施の形態 1 3 でも、識別器が誤り無く識別していれば、3 ビット符号化は第 3 5 図に示すものと同様である。識別器で誤りが生じ、0 と 1 が互違になったときは、最も高い識別レベルにある 1 を優先し、それより低い識別レベルにある 0 は 1 とみなし、硬判定と信頼度情報を含む 3 ビットの符号化を行う。

以上のように、この実施の形態 1 3 では、識別器で識別誤りが生じても、1 の識別結果を優先するとの優先度情報に基づいて識別器誤りを訂正し、符号化器での符号化が行えないバタンが生じるのを防ぐことができる。

実施の形態 1 4 .

第 4 2 図はこの発明の実施の形態 1 4 による識別器で識別誤りが生じても、符号化が行える符号化方法の一例を示す説明図であり、第 4 3 図は優先度情報に基づいた符号化パタンを示す説明図である。

この実施の形態 1 4 では、識別誤りの発生時には、“低い識別レベルに設定された識別器での 0 の識別結果を優先する”との優先度情報に従って符号化する。第 4 3 図はこの優先度情報に基づいた符号化パタンである。この方法は、上記実施の形態 1 3 同様に、識別器で誤り無く識別していれば、3 ビット符号化パタンは第 3 5 図に示すものとなる。上記実施の形態 1 2 の符号化方法とは斜線部分で示した識別結果に対する符号化パタンが異なる。識別器での誤りが生じ、0 と 1 が互違になった時は、最も低い識別レベルにある 0 を優先し、それより高い識別レベルにある 1 は 0 とみなし、硬判定と信頼度情報を含む 3 ビットの符号化を行う。

。

以上のように、この実施の形態 14 では、識別器で識別誤りが生じても、0 の識別結果を優先するとの優先度情報に基いて識別器誤りを訂正し、符号化器での符号化が行えないバタンが生じるのを防ぐことができる。

実施の形態 15 .

第 44 図はこの発明の実施の形態 15 による識別器で識別誤りが生じても、符号化が行える符号化方法の一例を示す説明図であり、第 45 図は優先度情報に基いた符号化バタンを示す説明図である。

この実施の形態 15 では、中央識別レベルの識別結果によって、上側識別器または下側識別器から信頼度情報を作成する。第 45 図はこの方法による符号化バタンを示す。中央識別器の識別結果が 1 ならば、上側識別器での 0, 1 のカウント数を元に信頼度情報を作成する。3 つの上側識別器が全て 1 の識別をしているのであれば、信頼度情報は 11 を、2 つが 1 で 1 つが 0 の時は 10 を、全て 0 の識別なら 00 を割り当てられる。逆に中央識別器の識別結果が 0 であれば、下側識別器から信頼度情報を作成する。下側識別器が全て 0 の識別をしていれば 11 を、全て 1 なら 00 を割り当てる。また、識別器で誤りが無い場合に、割り当てる信頼度情報はこれまでの符号化方法と同様である。

以上のように、この実施の形態 15 では、識別器で識別誤りが生じても、上側、下側の識別レベルの順序は無く、0, 1 のカウント数から符号化を行うため、符号化が行えないバタンが生じるのを防ぐことができる。

実施の形態 16 .

第 46 図はこの発明の実施の形態 16 による識別器で識別誤りが生じ

ても、符号化が行える符号化方法の一例を示す説明図であり、第47図は優先度情報に基いた符号化パタンを示す説明図である。

この実施の形態16では、7つの識別器の識別結果0, 1をカウントし、カウント数を元に3ビット符号化する。第47図はこの方法による符号化パタンを示す。全て1の識別であれば、硬判定は1で信頼度は11となり、0が識別されるほど、0よりの信頼度となり、全て0の識別であれば、硬判定は0で信頼度は11となる。この符号化方法でも、識別器で誤りが無い場合に、硬判定ビットと割り当てる信頼度情報はこれまでの符号化方法と同様である。

以上のように、この実施の形態16では、識別器で識別誤りが生じても、識別器の識別レベルの順序は無く、0, 1のカウント数から符号化を行うため、符号化が行えないパタンが生じるのを防ぐことができる。

実施の形態17.

第48図はこの発明の実施の形態17による受信ビット列に対する受信波形を示す説明図、第49図は優先度の変更が可能となる符号化器の内部構成を示す構成図であり、図において、41は上記実施の形態13で示した優先ビット1とした符号化回路（有意優先ビット符号化回路）、42は上記実施の形態14で示した優先ビット0とした符号化回路（無意優先ビット符号化回路）、43は符号化回路41, 42によって符号化された一方の並列符号を選択して出力すると共に、その出力した少なくとも1つ以上前の並列符号に基づいて、符号化回路41, 42によって符号化された並列符号の選択を切換える優先度選択回路である。

次に動作について説明する。

この実施の形態17では、実施の形態13または14で、1または0の識別結果を優先して符号化を行っている際に、光受信装置に到達する

ビット列によって、識別器で識別後に符号化器で信頼度を変更する方法について説明する。第48図は受信ビット列に対する受信波形を示している。少なくとも1ビット以上前のビットの状態を元に優先度を変更する。前のビットの情報は、硬判定ビットだけでも良いし、信頼度情報まで含んでいても良い。例えば、第48図のように、優先度が0のビットで、0のビットが連続して受信されたのち、1のビットが到達した時には、優先度のビットを1に変更する。同様に、ビット列によって0の優先度から1の優先度にも変更する。

第49図は優先度の変更が可能となる符号化器の内部構成を示したものである。識別器からの7ビット信号は、符号化回路（優先ビット1）41と符号化回路（優先ビット0）42とで、実施の形態13や14に記載のように0または1のビットを優先して、3ビットの符号化が行われる。優先度選択回路43は、少なくとも1つ以上前のビットを元に、どちらかの優先度での3ビット符号を出力する。また、少なくとも1つ以上後のビット、あるいは少なくとも前後1つ以上のビットを元に優先度を切換える構成としても良い。

以上のように、この実施の形態17では、0または1の優先度で符号化された符号をビットバタンにより選択することで、識別器による識別誤りが生じている場合に、0または1よりの識別をすることができ、より精度の高い誤り訂正が可能となる。

実施の形態18.

第50図はこの発明の実施の形態18による識別器で誤りが生じても、符号化が行える符号化方法の一例を示す説明図、第51図は符号化手順を示す説明図、第52図は符号化バタンを示す説明図である。

この実施の形態18では、“端の識別器ほど誤らず、端の識別器の識

別結果が有り得ないバタンであれば、1つ内側の識別器の識別結果に基き訂正する”との優先度情報に従って符号化を行う。第50図はこの方法による符号化手順を説明するものである。符号化手順は、最も高い識別レベルに設定された識別器と、最も低い識別レベルに設定された識別器の識別結果の比較から始める。 (D_{+3}, D_{-3}) が $(1, 1)$ の時、優先度からそれより内側の識別器の識別結果は全て1で、 $(0, 0)$ の時は全て0となる。 $(0, 1)$ の時は、判定は正しく、さらに1つ内側の識別器同士を比較していく。ここで (D_{+3}, D_{-3}) の識別が $(1, 0)$ の時、これは有り得ない判定なので、どちらかの識別器に識別誤りが生じていると考えられる。この場合、1つ内側の識別器の識別結果に基いて、外側の誤りが生じている識別器の識別結果を訂正する。例えば、1つ内側の識別器 (D_{+2}, D_{-2}) の識別結果が $(0, 1)$ であれば、誤りは D_{+3} と D_{-3} であり、0と1に訂正し、 $(1, 1)$ であれば、 D_{-3} を1に訂正し、 $(1, 0)$ であれば、ここでも誤りが生じているので、さらに内側の識別器の識別結果を参照する。第52図は、この手順により作成した符号化バタンである。上記実施の形態12の符号化方法とは斜線部分で示した識別結果に対する符号化バタンが異なる。

以上のように、この実施の形態18では、識別器で識別誤りが生じても、端の識別器ほど誤らず、端の識別器の識別結果が有り得ないバタンであれば、1つ内側の識別器の識別結果に基き訂正するとの優先度情報に従って符号化を行うため、符号化が行えないバタンが生じるのを防ぐことができる。

実施の形態19。

第53図はこの発明の実施の形態19による電源投入時に各識別器のマークとスペースの識別頻度から個体差を検出する手法を示す説明図、

第54図は個体差を検出する処理手順を示すフローチャートである。

上記実施の形態における光受信装置1は、7つの識別器13の個体差の把握により、個体差を考慮した識別レベルの制御が可能である。

次に動作について説明する。

まず、基準となるリファレンス識別器を決定する（ステップST41）。そして、例えば、識別電圧領域を3ヶ所に分け、その領域内の代表値をリファレンス識別器の識別電圧に設定する。次に、全識別器13の識別レベルをリファレンス識別器と同一のレベルに合わせる（ステップST42）。受信データを各識別器13で識別し、確率密度分布推定回路19で各識別器13の判別結果である符号化器14からのデータに基づいて各識別器13の識別頻度を計測する（ステップST43）。識別頻度の累積を採り（ステップST44）、第53図（a）に示す結果となった場合、リファレンス識別器との頻度を比較すると（ステップST45）、Decider7の頻度に差がある（ステップST46）。ここでマークの頻度を減らして、スペースの頻度が増えるように、差が一定量以下になるまで識別レベルを調整すると（ステップST47）、第53図（b）に示すように、全ての識別器13の識別頻度が等しくなる。この時、Decider7の識別レベル誤差はD7であることが分かる。同様に他の2ヶ所の識別領域においても、各識別器13の識別誤差を把握する。その他の動作は実施の形態1と同様である。

なお、第54図のフローチャートに示した処理を統括して、第4図に示した各構成を制御し、各識別器13の識別レベル誤差を検出する手段を、第4図では示さなかったが識別レベル誤差検出部とする。

閾值制御回路20では、軟判定識別部12における識別器13の識別レベルを識別レベル誤差検出部によって検出された各識別レベル誤差で補正して制御することにより、7つの識別器13の個体差を考慮した識

別レベルの制御が可能である。

以上のように、この実施の形態19では、閾値制御回路20は、各領域で識別レベル誤差を補正して各識別器13に制御信号を送れば良く、より精度の高い制御が可能となる。

実施の形態20.

第55図はこの発明の実施の形態20による光受信装置の詳細を示す構成図であり、符号化器14は、調整対象の識別器13の識別結果を選択するセレクタ31、調整時にリファレンス識別器の結果を切替抽出するセレクタ32、調整対象の識別器の結果を抽出するセレクタ33、各識別器13の識別結果を符号化する符号化回路34で構成されている。FEC復号部17は、比較器35を加え、比較結果を確率密度分布推定回路19に出力する。

第56図は識別器の個体差調整を行う手順を示すフローチャートであり、この手法は、リファレンス識別器に対して1つずつ調整する方法である。

次に動作について説明する。

まず、実施の形態19と同様に、識別電圧領域を例えば3ヶ所に分け、その代表値を全識別器13の識別レベルに調整しておく。基準となるリファレンス識別器をセレクタ32で決定し（ステップST51）、調整対象の識別器13をセレクタ31とセレクタ32で選択する（ステップST52）。識別結果は、信頼度情報を載せる符号化を行わず、符号化回路34をスルーで通り（ステップST53）、多重分離部15で並列信号に展開された後に、比較器35でリファレンス識別器と調整対象の識別器13の結果比較をする（ステップST54）。比較器35による比較結果を確率密度分布推定回路19に送り、一定量のビット比較か

ら、識別結果の差が分かる（ステップST55）。結果に差がなければ、リファレンス識別器に対して識別レベルの差はないが、ある場合には、調整対象の識別器13の識別レベル高く（低く）設定し（ステップST56）、再度比較器35で識別結果の比較をする（ステップST55～ST58）。差が無くなれば識別器13の識別レベル誤差は、再設定値分の差であることが分かる。差があり（ステップST59）、前の比較結果よりその差が大きくなつていれば（ステップST60）、識別レベルを低く（高く）設定し（ステップST61）、再度比較器35で比較をする（ステップST58）。逆に差が少なくなつていれば、さらに識別レベルを高く（低く）設定するようにして、比較結果の差が一定量以下になるまで識別レベルを調整する（ステップST60, ST56～ST59）。以上の手順を繰り返し、他の識別器13の識別レベルの個体差を把握する。同様に他の識別領域においても、各識別器13の識別レベル誤差を把握する。

なお、第56図のフローチャートに示した処理を統括して、第55図に示した各構成を制御し、各識別器13の識別レベル誤差を検出する手段を、第55図では示さなかったが識別レベル誤差検出部とする。

閾值制御回路20では、軟判定識別部12における識別器13の識別レベルを識別レベル誤差検出部によって検出された各識別レベル誤差で補正して制御することにより、7つの識別器13の個体差を考慮した識別レベルの制御が可能である。

なお、個体差調整を行わない時は、符号化回路34での符号化データをセレクタ32, 33で選択すれば良い。その他の動作は実施の形態1と同様である。

以上のように、この実施の形態20では、閾値制御回路20は、各領域で識別レベル誤差を補正して各識別器13に制御信号を送れば良く、

より精度の高い制御が可能となる。

実施の形態 2 1 .

第 5 7 図はこの発明の実施の形態 2 1 による光受信装置の詳細を示す構成図であり、上記実施の形態 2 0 では、比較器 3 5 を F E C 復号部 1 7 内に組み込む構成としていたが、この第 5 7 図に示すように、比較器 3 5 を符号化器 1 4 内に組み込み、比較結果を並列展開する 1 : 1 6 多重分離回路 1 6 を多重分離部 1 5 内に組み込むようにしても良い。この場合、各識別器 1 3 の識別結果を符号化回路 3 4 に入力前にリファレンス識別器と調整対象の識別器 1 3 の識別結果を抽出し、比較を行う。

その他の構成、動作、効果については、上記実施の形態 2 0 と同様である。

実施の形態 2 2 .

第 5 8 図はこの発明の実施の形態 2 2 による光受信装置の詳細を示す構成図であり、実施の形態 2 に示した掃引用識別器 2 1 がある場合に、個体差調整を行う回路構成である。

軟判定識別部 1 2 は、識別対象の各識別器 1 3 の識別結果を選択するセレクタ 3 1 と、選択された識別器 1 3 の識別結果と掃引用識別器 2 1 の識別結果の比較をする比較器 3 5 を加えた構成で、比較器 3 5 は、比較結果を多重分離部 1 5 に出力する。多重分離部 1 5 には、その出力を並列展開する 1 : 1 6 多重分離回路 1 6 を加え、確率密度分布推定回路 1 9 に出力する。

以上のように、この実施の形態 2 2 では、掃引用識別器 2 1 をリファレンス識別器として、各識別器 1 3 の個体差を補正する方法であり、調整の手順は実施の形態 1 3 , 1 4 と同様に行う。識別レベル誤差は、掃

引用識別器 21 を基準とした値が得られるため、掃引用識別器 21 のみで分布を推定した場合に、簡易に識別レベル調整が行える。

実施の形態 23 .

第 59 図はこの発明の実施の形態 23 による光受信装置を示す構成図であり、図において、36 はレジスタ、37 はディジタル演算処理部、38 は D/A 変換部であり、第 3 図における確率密度分布推定手段 9 および識別レベル制御手段 10 に相当するものである。

第 60 図はディジタル演算処理部の処理手順を示すフローチャートである。

軟判定 FEC 復号化手段 8 は、多値の並列信号から各識別器 13 の識別結果をレジスタ 36 に出力する。レジスタ 36 は n フレーム分の各識別器 13 のマーク/スペースの識別頻度を保持しておく。ディジタル演算処理部 37 では、 n フレーム分の識別頻度をレジスタ 36 から読み出し（ステップ ST 81）、確率密度分布を推定する（ステップ ST 82）。各識別レベルにおけるマークとスペースの頻度分布が最適でない場合（ステップ ST 83）、確率密度分布に基づいて識別器 13 の識別レベルを算出し（ステップ ST 84）、算出結果をディジタル信号として D/A 変換部 38 に出力する（ステップ ST 85）。D/A 変換部 38 は、識別レベルを示すディジタル信号をアナログ制御電圧に変換して、軟判定識別手段 7 に出力する。その他の動作は実施の形態 1 と同様である。

以上のように、この実施の形態 23 では、各識別器 13 の識別頻度結果を保持するレジスタ 36 とディジタル演算処理部 37 の機能を付加することで、より多くのデータから識別レベルの制御が行え、精度の高い確率密度分布の推定が可能である。

実施の形態 24.

第 61 図はこの発明の実施の形態 24 による光受信装置を示す構成図であり、上記実施の形態では、多重分離手段 5 または多重分離部 15 を設けて並列信号に変換して軟判定 FEC 復号化手段 8 に出力する構成としていたが、この第 61 図に示すように多重分離手段 5 または多重分離部 15 を設けず、軟判定識別手段 7 からの出力を直接、軟判定 FEC 復号化手段 8 に出力する構成としても良い。

産業上の利用可能性

以上のように、この発明に係る光受信装置は、伝送速度を上昇させること無く、高速・大容量伝送の伝送品質を向上させるのに適している。

請求の範囲

1. 光受信信号を電気受信信号に変換する光電気変換手段と、上記光電気変換手段によって変換された電気受信信号を複数の識別レベルで識別し、多値の識別信号を出力する軟判定識別手段と、上記軟判定識別手段によって出力された多値の識別信号を直列並列変換し、多値の並列信号を出力する多重分離手段と、上記多重分離手段によって出力された多値の並列信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定誤り訂正復号化手段と、上記軟判定誤り訂正復号化手段によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定手段と、上記確率密度分布推定手段によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別手段における複数の識別レベルを制御する識別レベル制御手段とを備えた光受信装置。
2. 光受信信号を電気受信信号に変換するフォトダイオードと、上記フォトダイオードによって変換された電気受信信号を $2^n - 1$ 個（n は自然数）の識別器で識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、上記軟判定識別器によって識別された $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた n ビット並列符号に符号化する符号化器と、上記符号化器によって符号化された n ビット並列符号をビット毎に多重分離する n 個の多重分離回路と、上記多重分離回路によって多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定 F E C 復号化回路と、上記軟判定 F E C 復号化回路によって出力された各識別

レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路とを備えた光受信装置。

3. 光受信信号を電気受信信号に変換するフォトダイオードと、上記フォトダイオードによって変換された電気受信信号を $2^n - 1$ 個（n は自然数）の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、上記軟判定識別器によって識別された $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた n ビット並列符号に符号化する符号化器と、上記符号化器によって符号化された n ビット並列符号および上記軟判定識別器の識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器によって識別された識別結果をビット毎に多重分離する $n + 1$ 個以上の多重分離回路と、上記多重分離回路によって n ビット並列符号について多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定 F E C 復号化回路と、上記軟判定 F E C 復号化回路によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および上記多重分離回路によって識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器による識別結果について多重分離された多値の信号に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別レベルを掃引する 1 個以上の

識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路とを備えた光受信装置

。

4. 光受信信号を電気受信信号に変換するフォトダイオードと、上記フォトダイオードによって変換された電気受信信号を 2^n 個（n は自然数）以上の識別器で識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、上記軟判定識別器によって識別された 2^n 個以上の識別器の識別結果から $2^n - 1$ 個の識別器の識別結果を選択するセレクタと、上記セレクタによって選択された $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた n ビット並列符号に符号化する符号化器と、上記符号化器によって符号化された n ビット並列符号をビット毎に多重分離する n 個の多重分離回路と、上記多重分離回路によって多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定 FEC 復号化回路と、上記軟判定 FEC 復号化回路によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記セレクタにおける $2^n - 1$ 個の識別器の選択信号を出力する識別器選択制御回路とを備えた光受信装置。

5. 光受信信号を電気受信信号に変換するフォトダイオードと、上記フォトダイオードによって変換された電気受信信号を $2^n - 1$ 個（n は自然数）の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器、および識別位相を掃引する 1 個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、上記軟判定識別器によって識別された 2^n

－ 1 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた n ビット並列符号に符号化する符号化器と、上記符号化器によって符号化された n ビット並列符号および上記軟判定識別器の識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器、および識別位相を掃引する 1 個以上の識別器によって識別された識別結果をビット毎に多重分離する $n + 2$ 個以上の多重分離回路と、上記多重分離回路によって n ビット並列符号について多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定 F E C 復号化回路と、上記軟判定 F E C 復号化回路によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および上記多重分離回路によって識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器、および識別位相を掃引する 1 個以上の識別器による識別結果について多重分離された多値の信号に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器、および識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別位相を掃引する 1 個以上の識別器の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路とを備えた光受信装置。

6. 光受信信号を電気受信信号に変換するフォトダイオードと、上記フ

オトダイオードによって変換された電気受信信号を $2^n - 1$ 個（ n は自然数）の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器、および識別位相を掃引する 1 個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、上記識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別結果、または識別位相を掃引する 1 個以上の識別器の識別結果を選択するセレクタと、上記軟判定識別器によって識別された $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた n ビット並列符号に符号化する符号化器と、上記符号化器によって符号化された n ビット並列符号および上記セレクタによって選択された上記軟判定識別器の識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別結果、または識別位相を掃引する 1 個以上の識別器の識別結果をビット毎に多重分離する $n + 1$ 個以上の多重分離回路と、上記多重分離回路によって n ビット並列符号について多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定 FEC 復号化回路と、上記軟判定 FEC 復号化回路によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および上記多重分離回路によって識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器、または識別位相を掃引する 1 個以上の識別器による識別結果について多重分離された多値の信号に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づい

て上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器、および識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別位相を掃引する 1 個以上の識別器の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路とを備えた光受信装置。

7. 光受信信号を電気受信信号に変換するフォトダイオードと、上記フォトダイオードによって変換された電気受信信号を $2^n - 1$ 個（n は自然数）の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルおよび識別位相を掃引する 1 個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、上記軟判定識別器によって識別された $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた n ビット並列符号に符号化する符号化器と、上記符号化器によって符号化された n ビット並列符号および上記軟判定識別器の識別レベルおよび識別位相を掃引する 1 個以上の識別器の識別結果をビット毎に多重分離する $n + 1$ 個以上の多重分離回路と、上記多重分離回路によって n ビット並列符号について多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定 F E C 復号化回路と、上記軟判定 F E C 復号化回路によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および上記多重分離回路によって識別レベルおよび識別位相を掃引する 1 個以上の識別器による識別結果について多重分離された多値の信号に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の

識別レベルを制御する閾値制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別レベルおよび識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別レベルおよび識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路とを備えた光受信装置。

8. 光受信信号を電気受信信号に変換するフォトダイオードと、上記フォトダイオードによって変換された電気受信信号を $2^n - 1$ 個（nは自然数）の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する1個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、上記軟判定識別器によって識別された $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせたnビット並列符号に符号化する符号化器と、上記符号化器によって符号化されたnビット並列符号および上記軟判定識別器の識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別結果をビット毎に多重分離するn+1個以上の多重分離回路と、上記多重分離回路によってnビット並列符号について多重分離された多値の信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、上記軟判定FEC復号化回路によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および上記多重分離回路によって識別レベルを掃引する1個以上の識

別器による識別結果について多重分離された多値の信号に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、上記軟判定 FEC 復号化回路による誤り訂正後の誤りカウント数に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器、および識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路とを備えた光受信装置。

9. 光受信信号を電気受信信号に変換する光電気変換手段と、上記光電気変換手段によって変換された電気受信信号を複数の識別レベルで識別し、多値の識別信号を出力する軟判定識別手段と、上記軟判定識別手段によって出力された多値の識別信号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定誤り訂正復号化手段と、上記軟判定誤り訂正復号化手段によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定手段と、上記確率密度分布推定手段によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別手段における複数の識別レベルを制御する識別レベル制御手段とを備えた光受信装置。

10. 光受信信号を電気受信信号に変換するフォトダイオードと、上記フォトダイオードによって変換された電気受信信号を $2^n - 1$ 個（n は自然数）の識別器で識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、上記

軟判定識別器によって識別された $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた n ビット並列符号に符号化する符号化器と、上記符号化器によって符号化された n ビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定 FEC 復号化回路と、上記軟判定 FEC 復号化回路によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路とを備えた光受信装置。

11. 光受信信号を電気受信信号に変換するフォトダイオードと、上記フォトダイオードによって変換された電気受信信号を $2^n - 1$ 個（ n は自然数）の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、上記軟判定識別器によって識別された $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた n ビット並列符号に符号化する符号化器と、上記符号化器によって符号化された n ビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定 FEC 復号化回路と、上記軟判定 FEC 復号化回路によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および上記軟判定識別器の識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾

値制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路とを備えた光受信装置。

12. 光受信信号を電気受信信号に変換するフォトダイオードと、上記フォトダイオードによって変換された電気受信信号を 2^n 個（nは自然数）以上の識別器で識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、上記軟判定識別器によって識別された 2^n 個以上の識別器の識別結果から $2^n - 1$ 個の識別器の識別結果を選択するセレクタと、上記セレクタによって選択された $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせたnビット並列符号に符号化する符号化器と、上記符号化器によって符号化されたnビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、上記軟判定FEC復号化回路によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記セレクタにおける $2^n - 1$ 個の識別器の選択信号を出力する識別器選択制御回路とを備えた光受信装置。

13. 光受信信号を電気受信信号に変換するフォトダイオードと、上記フォトダイオードによって変換された電気受信信号を $2^n - 1$ 個（nは自然数）の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する1個以上の識別器、および識別位相を掃引する1個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結

果を出力する軟判定識別器と、上記軟判定識別器によって識別された $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせたnビット並列符号に符号化する符号化器と、上記符号化器によって符号化されたnビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定FEC復号化回路と、上記軟判定FEC復号化回路によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および上記軟判定識別器の識別レベルを掃引する1個以上の識別器、および識別位相を掃引する1個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器、および識別レベルを掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別位相を掃引する1個以上の識別器の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路とを備えた光受信装置。

14. 光受信信号を電気受信信号に変換するフォトダイオードと、上記フォトダイオードによって変換された電気受信信号を $2^n - 1$ 個（nは自然数）の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する1個以上の識別器、および識別位相

を掃引する 1 個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、上記識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別結果、または識別位相を掃引する 1 個以上の識別器の識別結果を選択するセレクタと、上記軟判定識別器によって識別された $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた n ビット並列符号に符号化する符号化器と、上記符号化器によって符号化された n ビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定 FEC 復号化回路と、上記軟判定 FEC 復号化回路によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および上記軟判定識別器の識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器、または識別位相を掃引する 1 個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器、および識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別位相を掃引する 1 個以上の識別器の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路とを備えた光受信装置。

15. 光受信信号を電気受信信号に変換するフォトダイオードと、上記

フォトダイオードによって変換された電気受信信号を $2^n - 1$ 個（ n は自然数）の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルおよび識別位相を掃引する 1 個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、上記軟判定識別器によって識別された $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた n ビット並列符号に符号化する符号化器と、上記符号化器によって符号化された n ビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定 F E C 復号化回路と、上記軟判定 F E C 復号化回路によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および上記軟判定識別器の識別レベルおよび識別位相を掃引する 1 個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別レベルおよび識別位相を掃引する 1 個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別レベルおよび識別位相を掃引する 1 個以上の識別器の識別位相を制御する掃引識別器用クロック位相制御回路とを備えた光受信装置。

16. 光受信信号を電気受信信号に変換するフォトダイオードと、上記

フォトダイオードによって変換された電気受信信号を $2^n - 1$ 個（ n は自然数）の識別器で識別し、識別結果を出力すると共に、 $2^n - 1$ 個の識別器以外に識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器を設けて、電気受信信号を識別し、識別結果を出力する軟判定識別器と、上記軟判定識別器によって識別された $2^n - 1$ 個の識別結果を、信頼度情報を持たせた n ビット並列符号に符号化する符号化器と、上記符号化器によって符号化された n ビット並列符号から、信頼度情報に基づいて誤り訂正を行い、誤り訂正後の並列受信信号を出力すると共に、各識別レベル毎の判別結果を出力する軟判定 F E C 復号化回路と、上記軟判定 F E C 復号化回路によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果の分布、および上記軟判定識別器の識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器による識別結果に基づいて確率密度分布を推定する確率密度分布推定回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御する閾値制御回路と、上記確率密度分布推定回路によって推定された確率密度分布に基づいて上記軟判定識別器における識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別レベルを制御する閾値掃引制御回路と、上記軟判定 F E C 復号化回路による誤り訂正後の誤りカウント数に基づいて上記軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器、および識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の識別位相を制御するクロック位相制御回路とを備えた光受信装置。

17. 閾値制御回路は、確率密度分布推定回路によって推定される確率密度分布が最適な分布になるように、軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを制御することを特徴とする請求の範囲第 2 項記載の光受信装置。

18. 確率密度分布推定回路は、 $2^n - 1$ 個の識別器のうちの少なくとも 1 つ以上の判別結果、および識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の判別結果に基づいて確率密度分布を推定し、閾値制御回路は、上記確率密度分布推定回路によって推定される確率密度分布が最適な分布になるように、識別レベルを制御することを特徴とする請求の範囲第 3 項記載の光受信装置。

19. 確率密度分布推定回路は、識別レベルを掃引する 1 個以上の識別器の判別結果に基づいて確率密度分布を推定し、閾値制御回路は、上記確率密度分布推定回路によって推定される確率密度分布に基づいて、 $2^n - 1$ 個の識別器から得られる確率密度分布が最適な分布になるように、識別レベルを制御することを特徴とする請求の範囲第 3 項記載の光受信装置。

20. 識別器選択制御回路は、確率密度分布推定回路によって推定される確率密度分布が最適な分布になるように、セレクタにおける $2^n - 1$ 個の識別器の選択信号を出力することを特徴とする請求の範囲第 4 項記載の光受信装置。

21. 最適な確率密度分布は、正規分布であることを特徴とする請求の範囲第 17 項記載の光受信装置。

22. 符号化器は、 $2^n - 1$ 個の識別結果のうちの中央の識別レベルでの硬判定の識別結果と、中央の識別レベル以外の識別結果に基づくその硬判定の識別結果に対応した信頼度情報とからなる n ビット並列符号に

符号化することを特徴とする請求の範囲第2項記載の光受信装置。

23. 符号化器は、中央の識別レベル以外の識別結果として有り得ない識別結果が出力された場合に、優先度情報に従って符号化することを特徴とする請求の範囲第22項記載の光受信装置。

24. 優先度情報は、識別結果のうちの中央の識別レベルでの識別結果ほど優先度を高くすることを特徴とする請求の範囲第23項記載の光受信装置。

25. 符号化器は、中央の識別レベル以外の識別結果として有り得ない識別結果が出力された場合に、符号化可能なパタンへ訂正するビット数が最も少ないパタンに訂正し、訂正後のパタンが複数ある場合には、中央の識別レベルでの識別結果ほど訂正が無いパタンを訂正パタンとし、その訂正パタンに応じて信頼度情報を生成することを特徴とする請求の範囲第22項記載の光受信装置。

26. 符号化器は、 $2^n - 1$ 個の識別結果のうちの高い識別レベルに設定された識別器での有意の識別結果を優先し、その識別結果を有意とした高い識別レベルに応じて、硬判定の識別結果およびその硬判定の識別結果に対応した信頼度情報とからなるnビット並列符号に符号化することを特徴とする請求の範囲第2項記載の光受信装置。

27. 符号化器は、 $2^n - 1$ 個の識別結果のうちの低い識別レベルに設定された識別器での無意の識別結果を優先し、その識別結果を無意とした低い識別レベルに応じて、硬判定の識別結果およびその硬判定の識別

結果に対応した信頼度情報とからなる n ビット並列符号に符号化することを特徴とする請求の範囲第 2 項記載の光受信装置。

28. 符号化器は、中央の識別レベルより高い識別レベルに設定された識別器の識別結果または中央の識別レベルより低い識別レベルに設定された識別器の識別結果の有意または無意の識別個数に応じて信頼度情報を作成することを特徴とする請求の範囲第 22 項記載の光受信装置。

29. 符号化器は、 $2^n - 1$ 個の識別結果の有意または無意の識別個数に応じて、硬判定の識別結果およびその硬判定の識別結果に対応した信頼度情報とからなる n ビット並列符号に符号化することを特徴とする請求の範囲第 2 項記載の光受信装置。

30. 符号化器は、 $2^n - 1$ 個の識別結果のうちの高い識別レベルに設定された識別器での有意の識別結果を優先し、その識別結果を有意とした高い識別レベルに応じて、硬判定の識別結果およびその硬判定の識別結果に対応した信頼度情報とからなる n ビット並列符号に符号化する有意優先ビット符号化回路と、 $2^n - 1$ 個の識別結果のうちの低い識別レベルに設定された識別器での無意の識別結果を優先し、その識別結果を無意とした低い識別レベルに応じて、硬判定の識別結果およびその硬判定の識別結果に対応した信頼度情報とからなる n ビット並列符号に符号化する無意優先ビット符号化回路と、上記有意優先ビット符号化回路または上記無意優先ビット符号化回路によって符号化された一方の n ビット並列符号を選択して出力すると共に、その出力した少なくとも 1 つ以上前の n ビット並列符号に基づいて、それら有意優先ビット符号化回路または無意優先ビット符号化回路によって符号化された n ビット並列符

号の選択を切換える優先度選択回路とを備えたことを特徴とする請求の範囲第2項記載の光受信装置。

31. 符号化器は、 $2^n - 1$ 個の識別結果のうちの上端下端の識別レベルに設定された識別器での識別結果を優先し、それら識別結果として有り得ない識別結果が得られた場合に、1つ内側の識別レベルに設定された識別器での識別結果に基づいて訂正して、硬判定の識別結果およびその硬判定の識別結果に対応した信頼度情報とからなる n ビット並列符号に符号化することを特徴とする請求の範囲第2項記載の光受信装置。

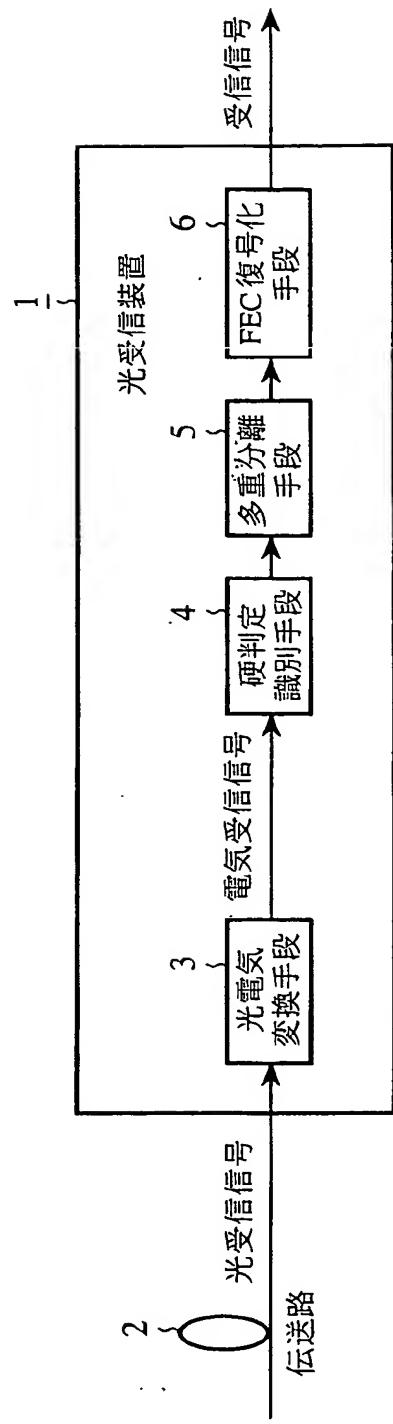
32. 各識別器からの判別結果の分布が同一になるように閾値制御回路から各識別器への識別レベルを制御させ、それら各識別器を制御する識別レベルの差から各識別器の識別レベル誤差を検出する識別レベル誤差検出部を備え、上記閾値制御回路は、軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを上記識別レベル誤差検出部によって検出された各識別レベル誤差で補正して制御することを特徴とする請求の範囲第2項記載の光受信装置。

33. 識別レベルを掃引する識別器からの識別結果と各識別器からの識別結果とが同一になるように閾値制御回路から各識別器への識別レベルを制御させ、閾値掃引制御回路からの識別レベルを掃引する識別器を制御する識別レベルとその閾値制御回路からのそれら各識別器を制御する識別レベルの差から各識別器の識別レベル誤差を検出する識別レベル誤差検出部を備え、上記閾値制御回路は、軟判定識別器における $2^n - 1$ 個の識別器の識別レベルを上記識別レベル誤差検出部によって検出された各識別レベル誤差で補正して制御することを特徴とする請求の範囲第

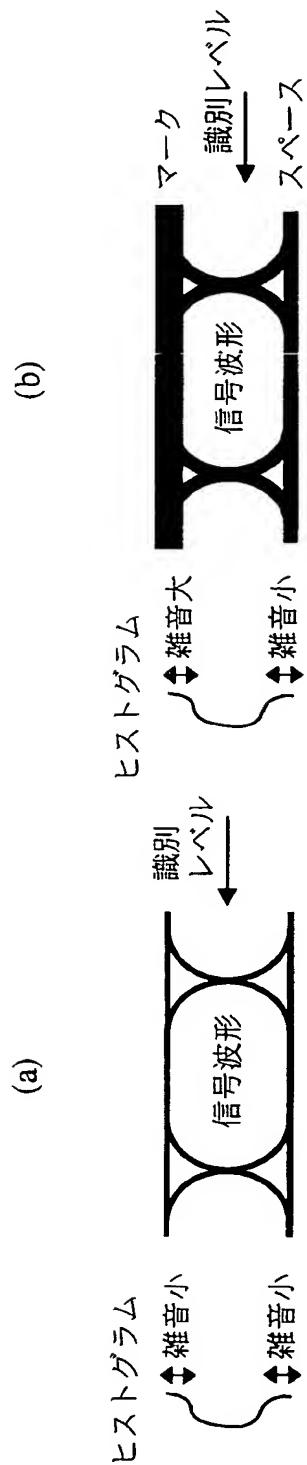
3 項記載の光受信装置。

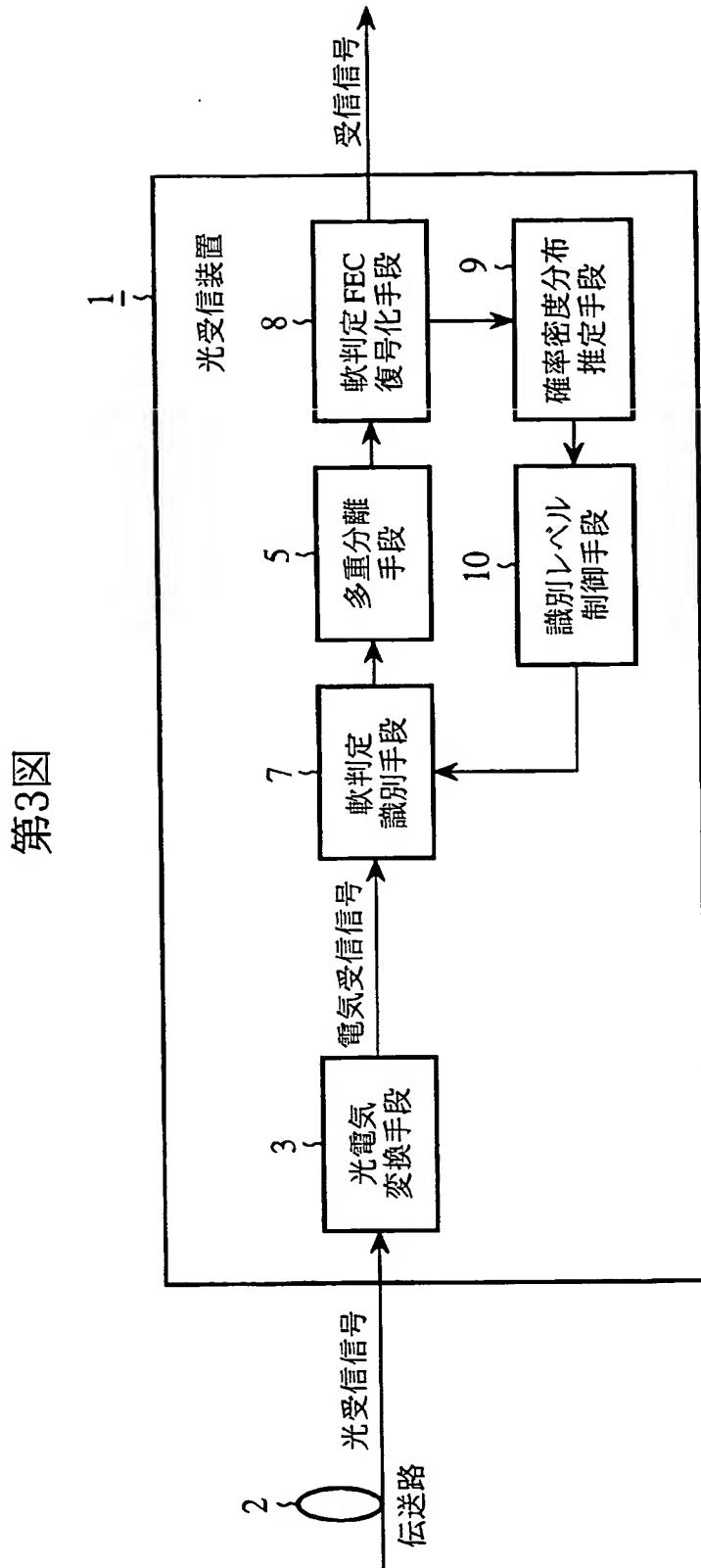
3 4. 確率密度分布推定手段および識別レベル制御手段を、軟判定誤り訂正復号化手段によって出力された各識別レベル毎の情報データの判別結果を保持するレジスタと、上記レジスタに保持された判別結果に基づいて確率密度分布を推定し、その推定した確率密度分布に基づいて軟判定識別手段における複数の識別レベルを制御するディジタル演算処理部としたことを特徴とする請求の範囲第1項記載の光受信装置。

第1図

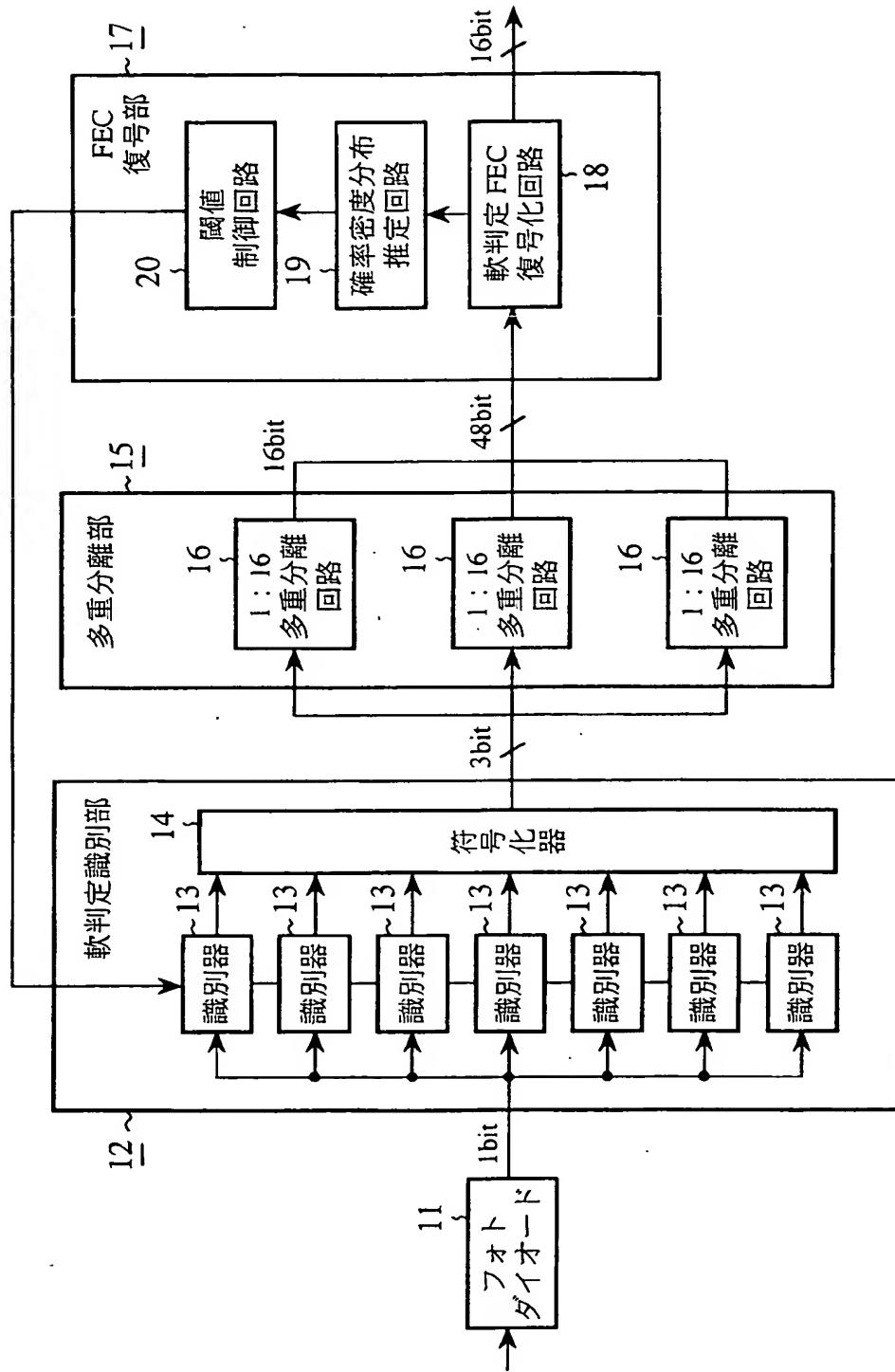


第2図

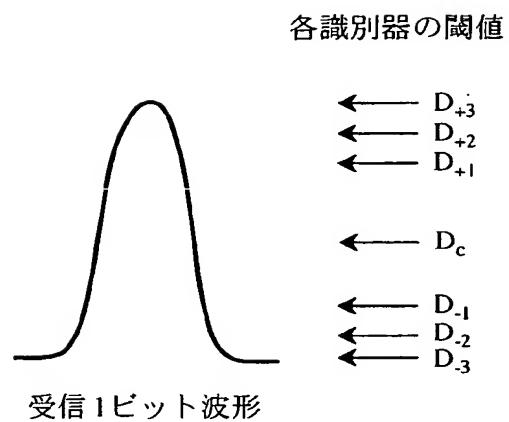




第4図



第5図



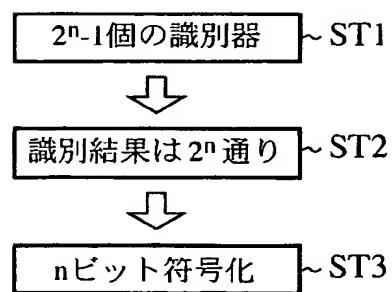
第6図

各識別器の識別結果	D ₊₃	1	0	0	0	0	0	0	0
	D ₊₂	1	1	0	0	0	0	0	0
	D ₊₁	1	1	1	0	0	0	0	0
	D _c	1	1	1	1	0	0	0	0
	D ₋₁	1	1	1	1	1	0	0	0
	D ₋₂	1	1	1	1	1	1	0	0
	D ₋₃	1	1	1	1	1	1	1	0
状態	(8)	(7)	(6)	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)	

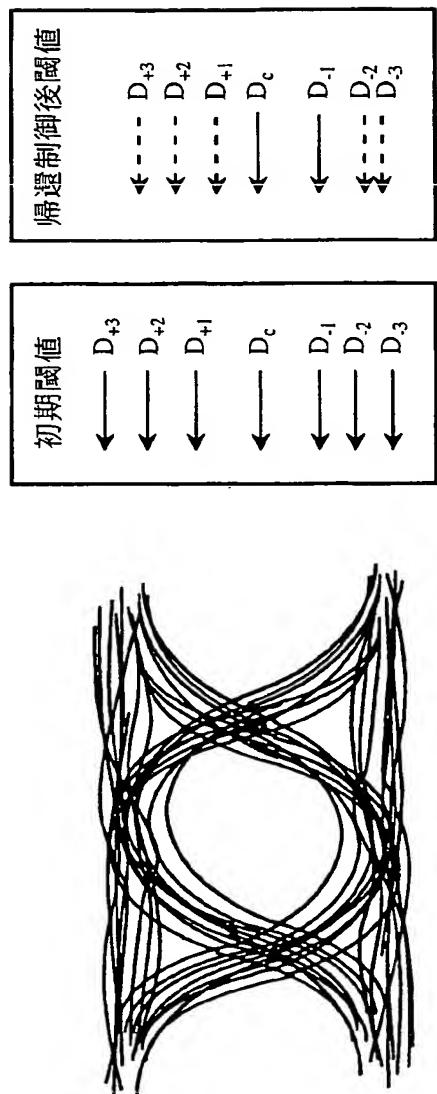
第7図

状態	3ビット符号化		
(1)	0	0	0
(2)	0	0	1
(3)	0	1	0
(4)	0	1	1
(5)	1	0	0
(6)	1	0	1
(7)	1	1	0
(8)	1	1	1

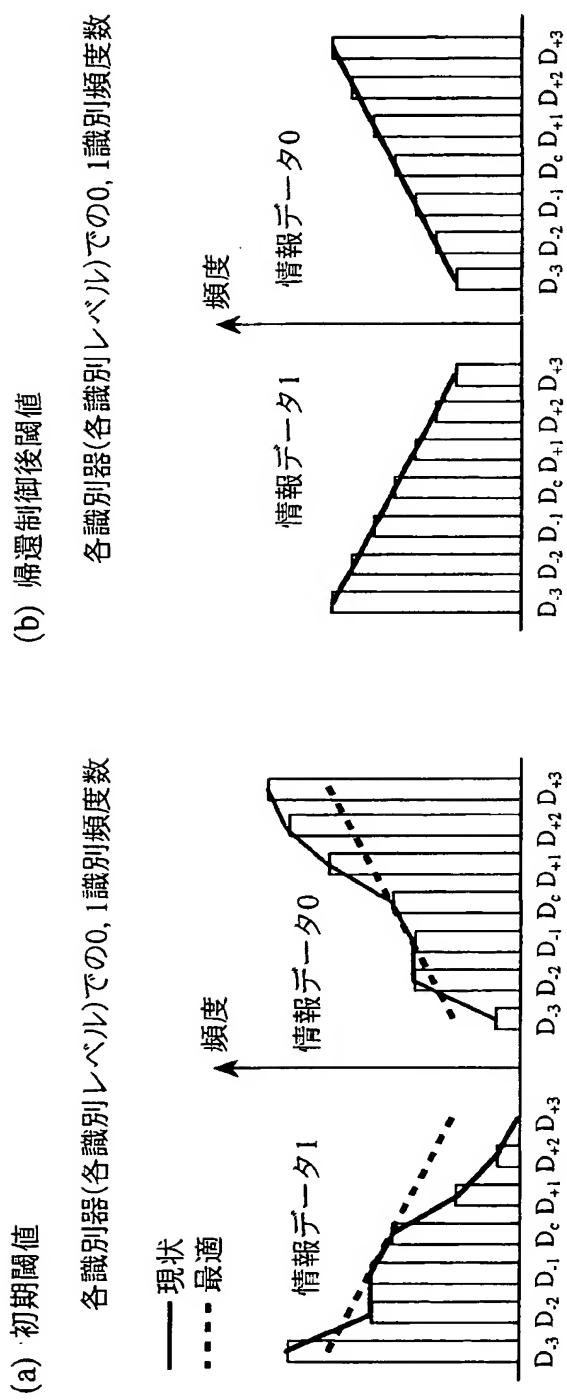
第8図



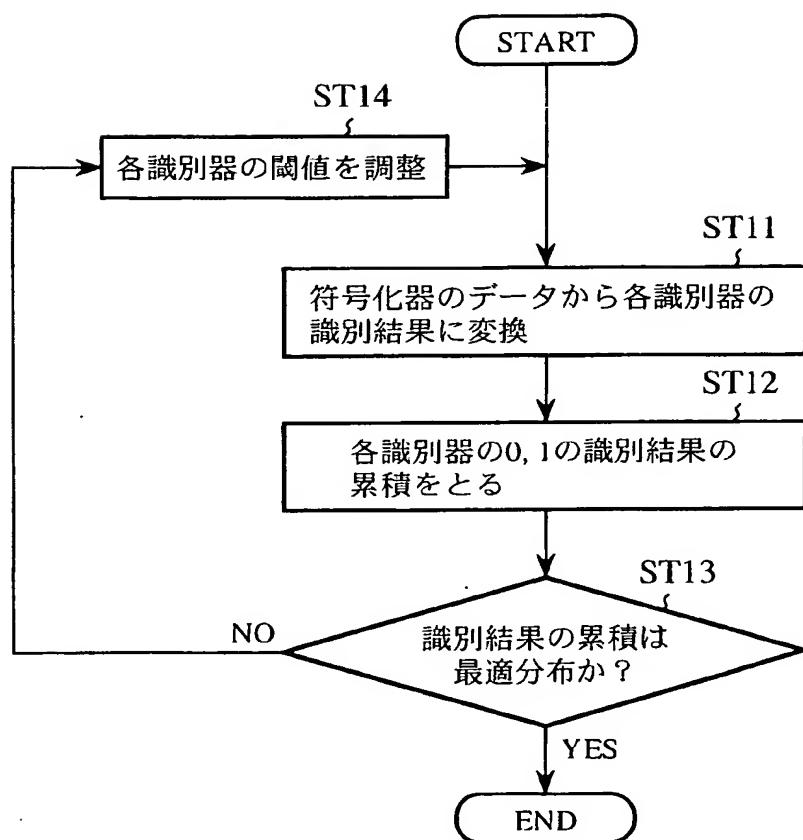
第9図



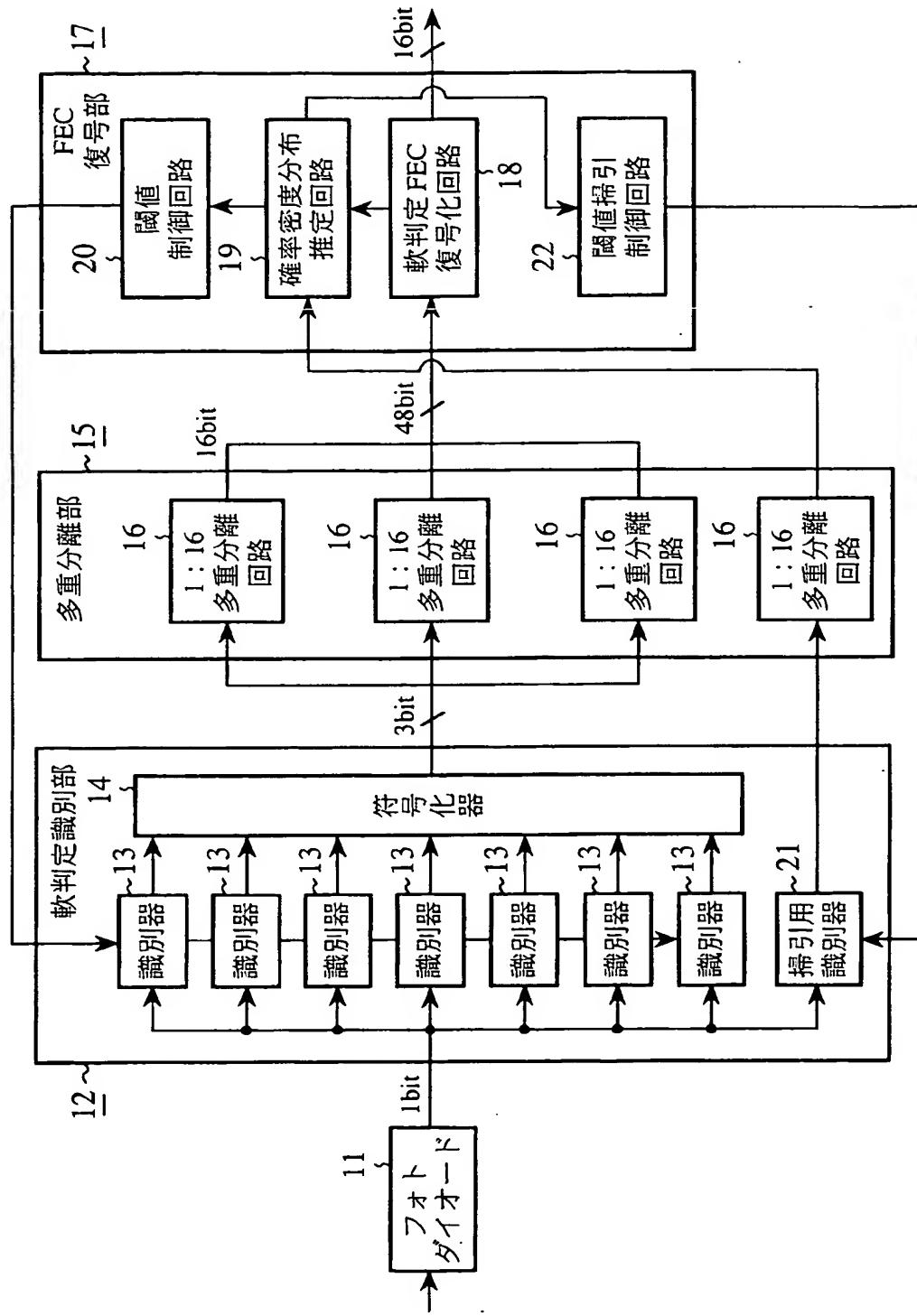
第10図



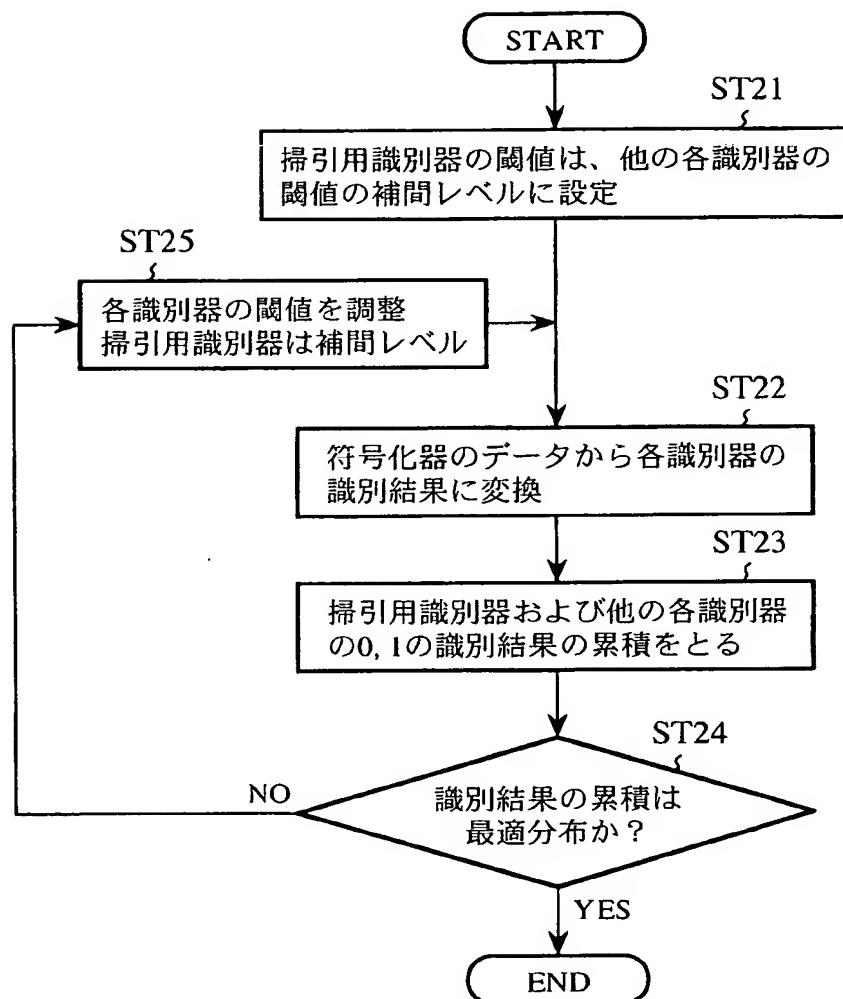
第11図



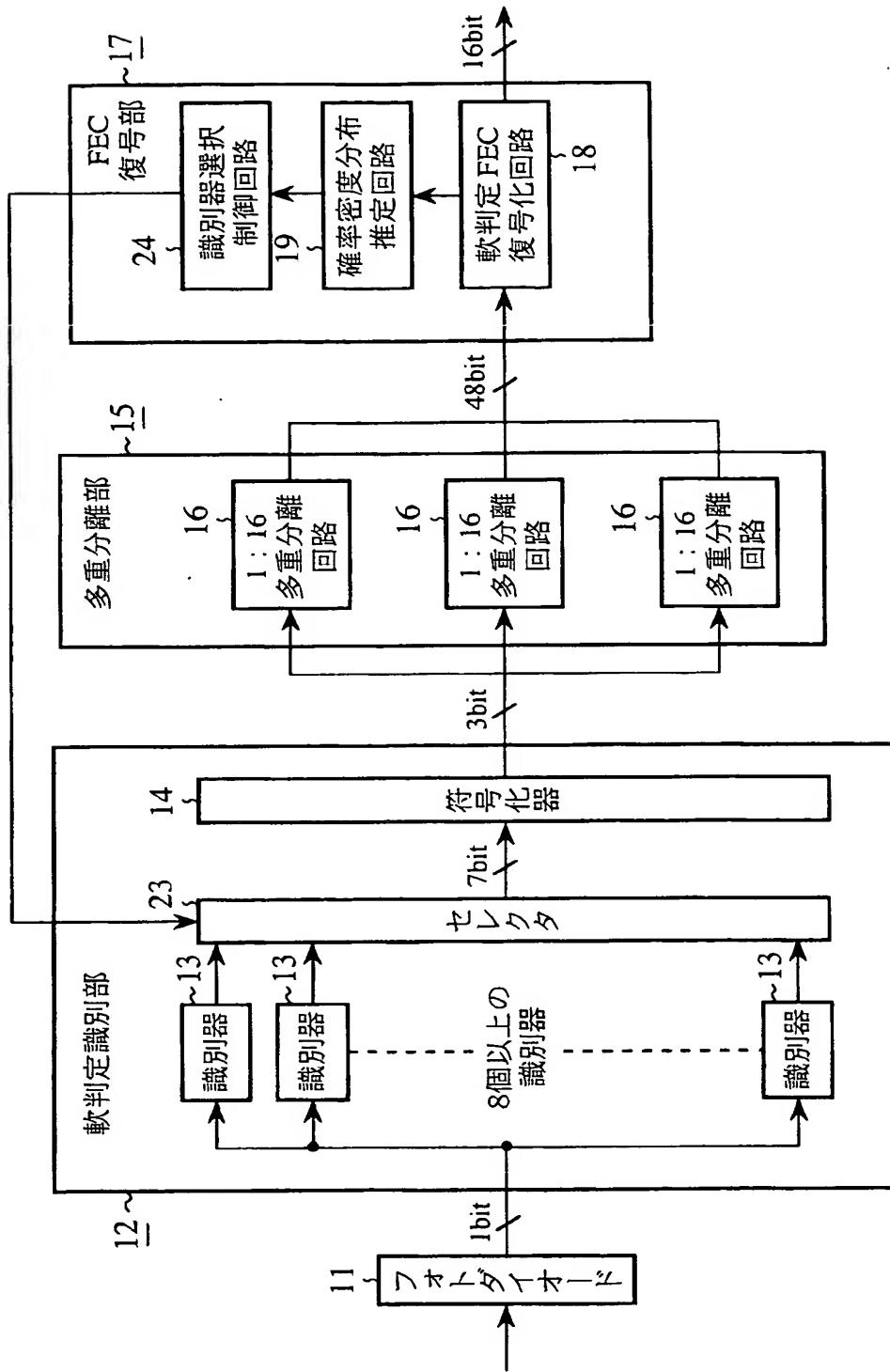
第12図



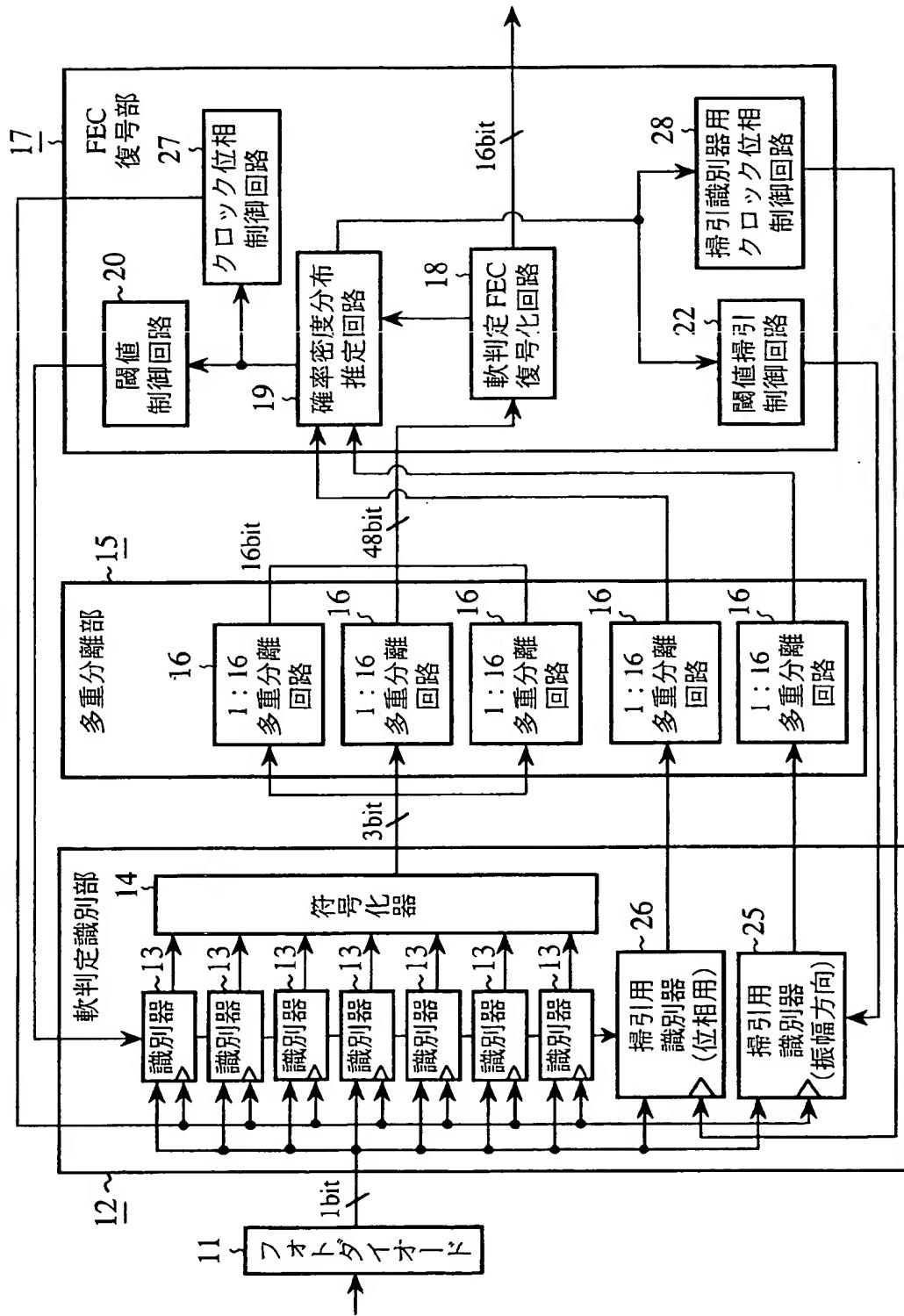
第13図



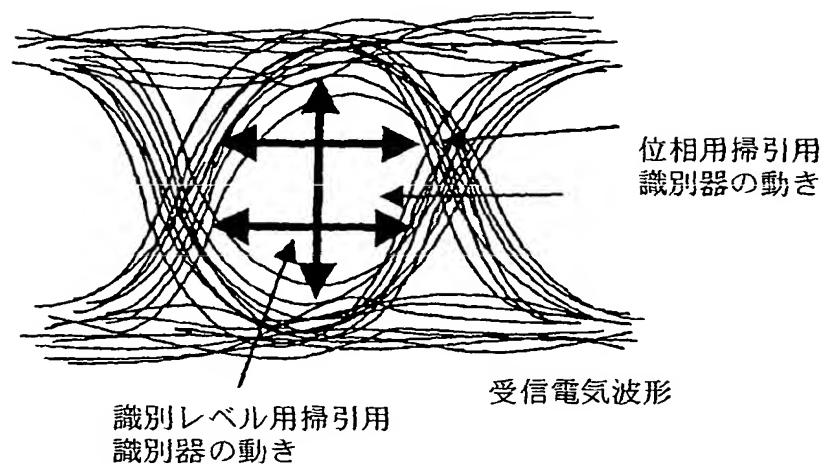
第14図



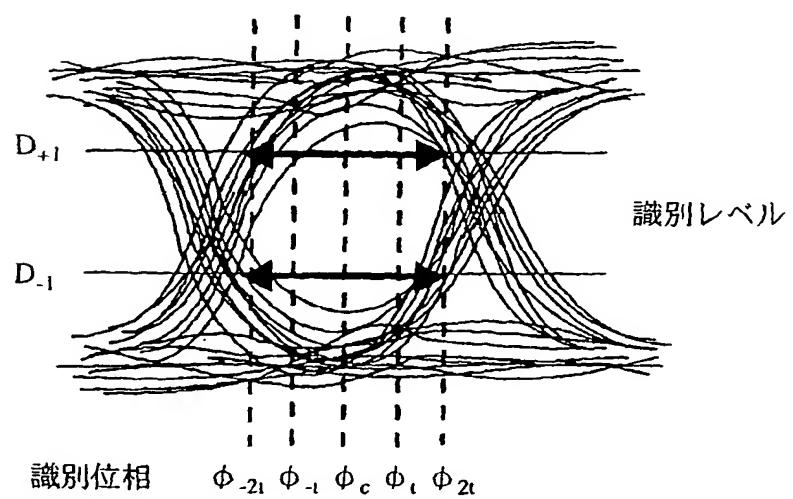
第15図



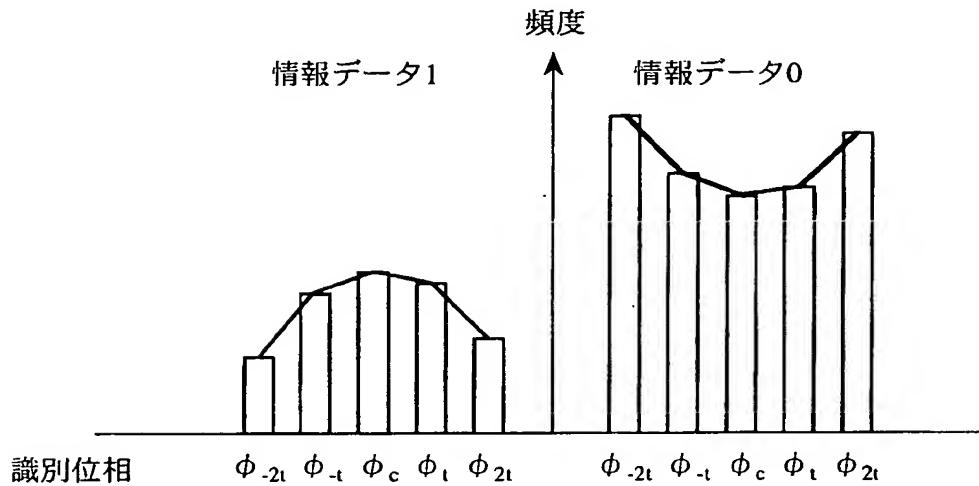
第16図



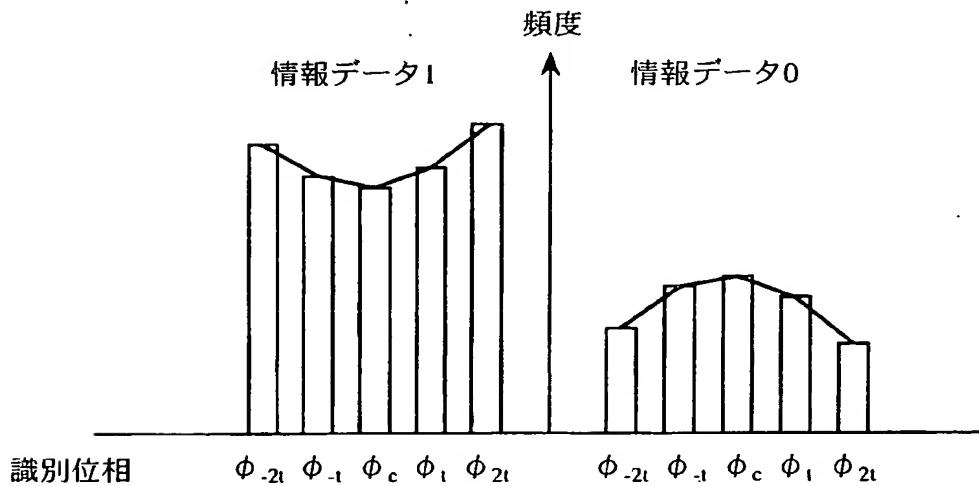
第17図



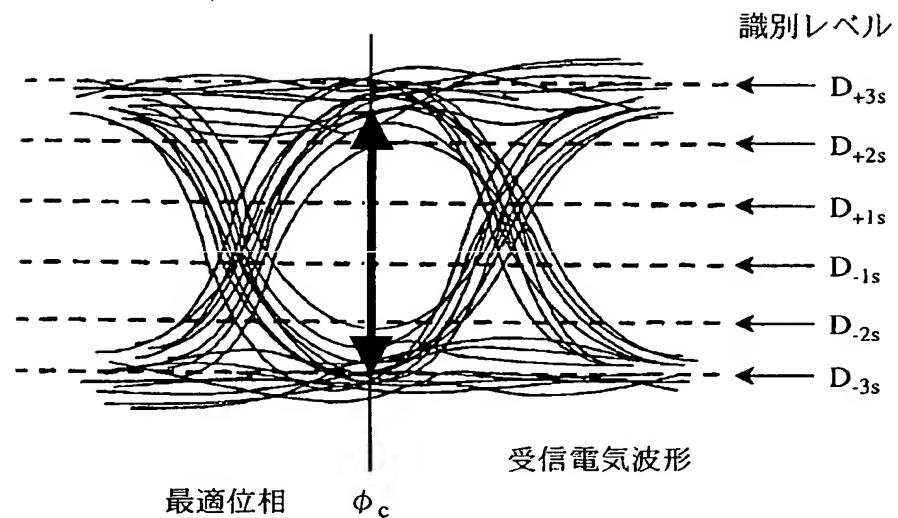
第18図

各識別位相での0, 1識別頻度数（識別レベル D_{+1} ）

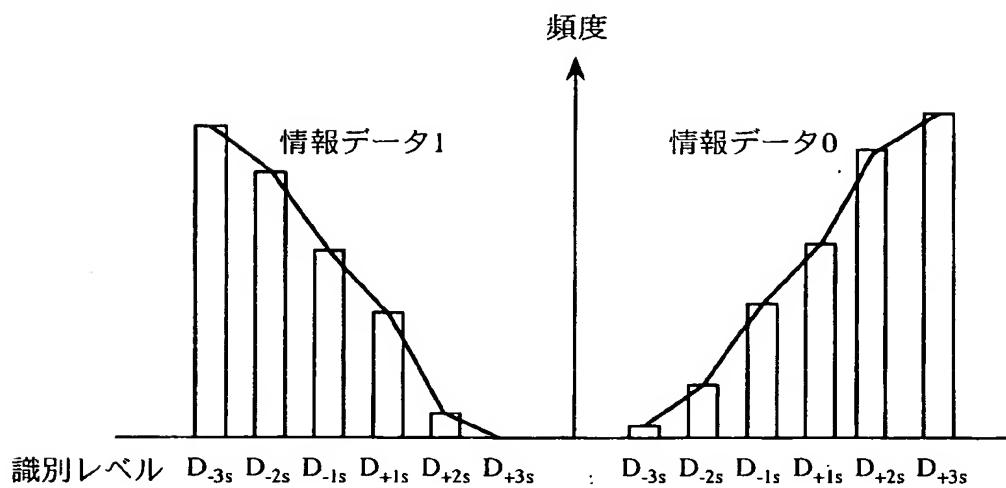
第19図

各識別位相での0, 1識別頻度数（識別レベル D_{-1} ）

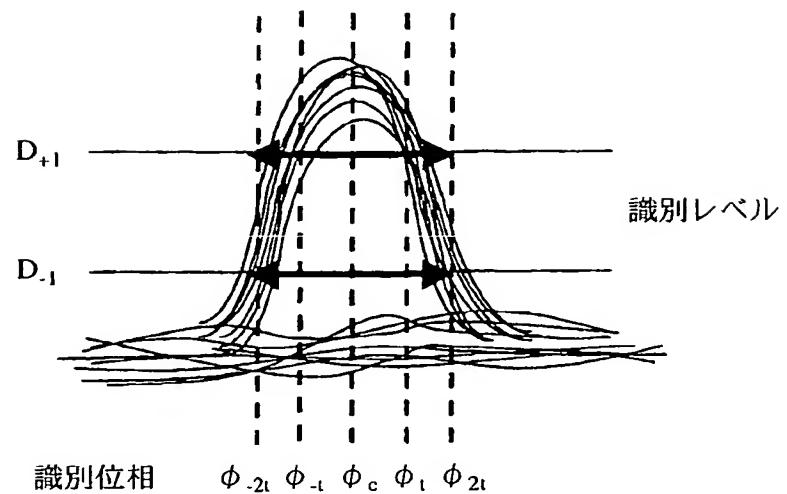
第20図



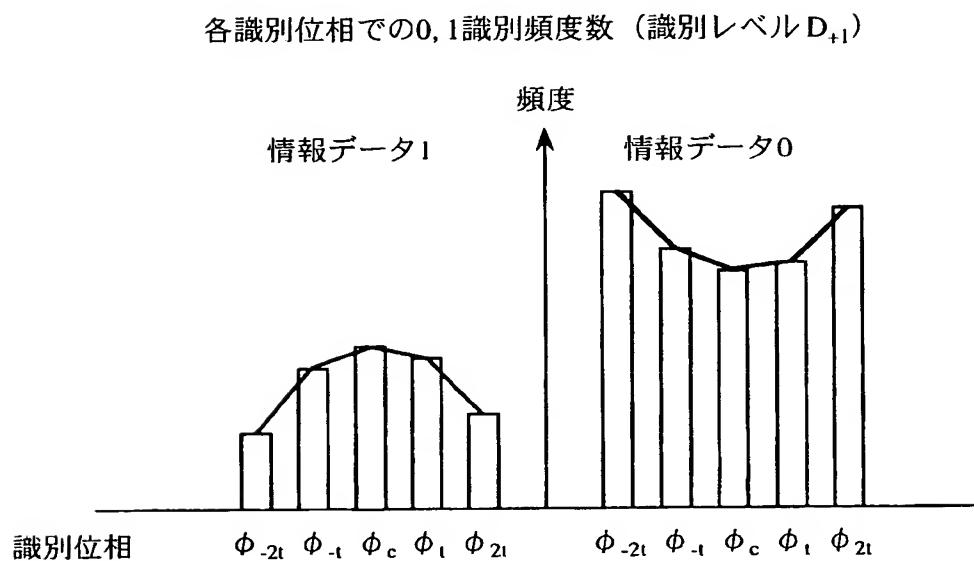
第21図



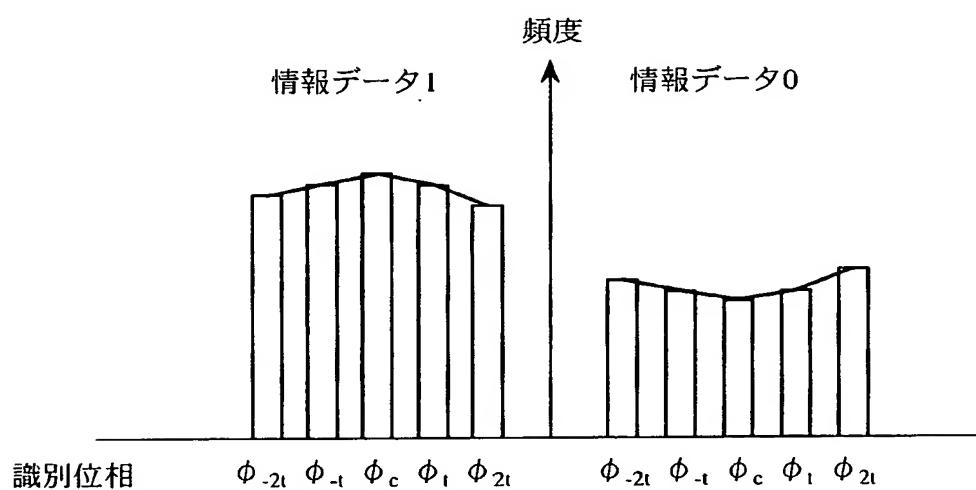
第22図



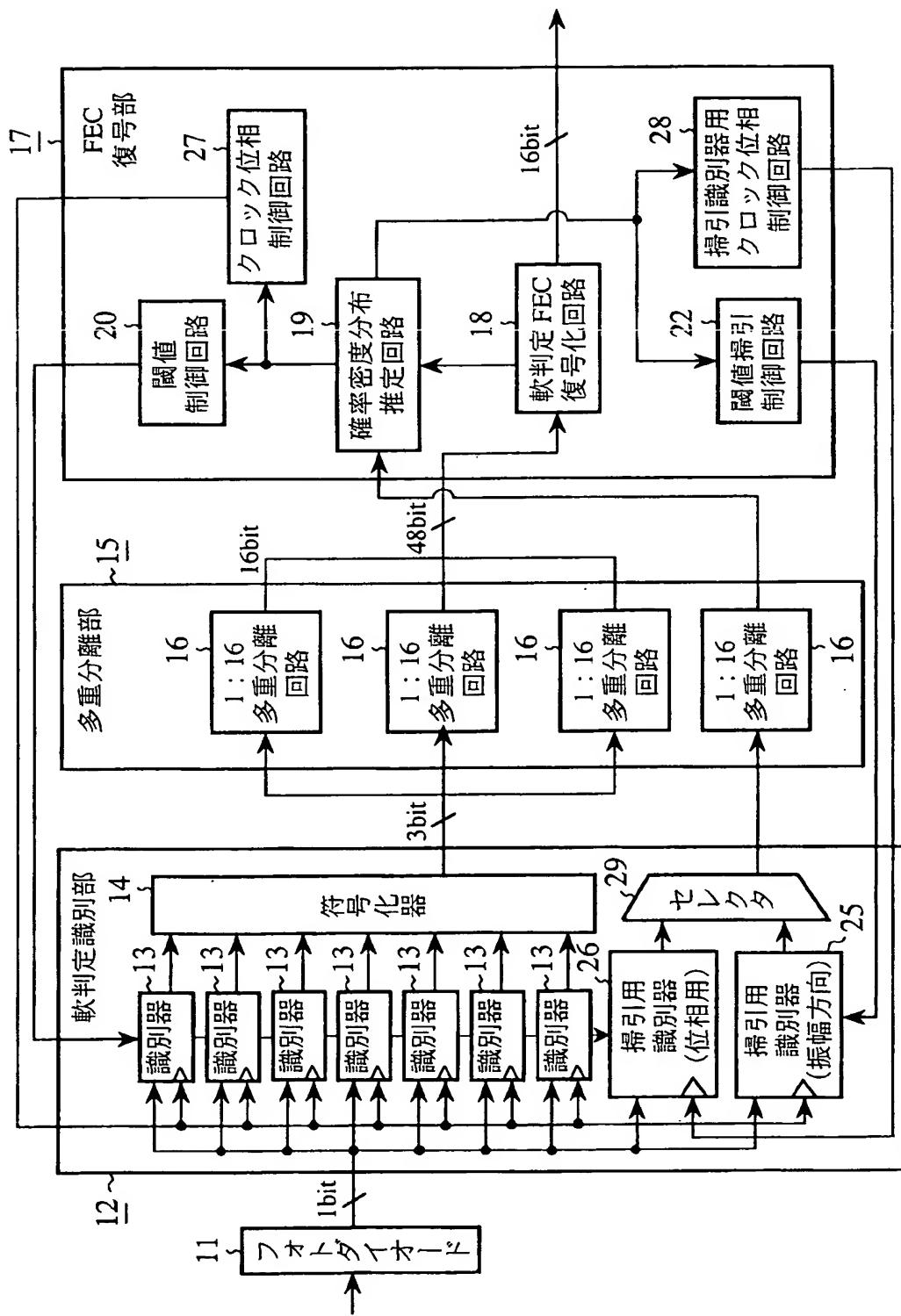
第23図



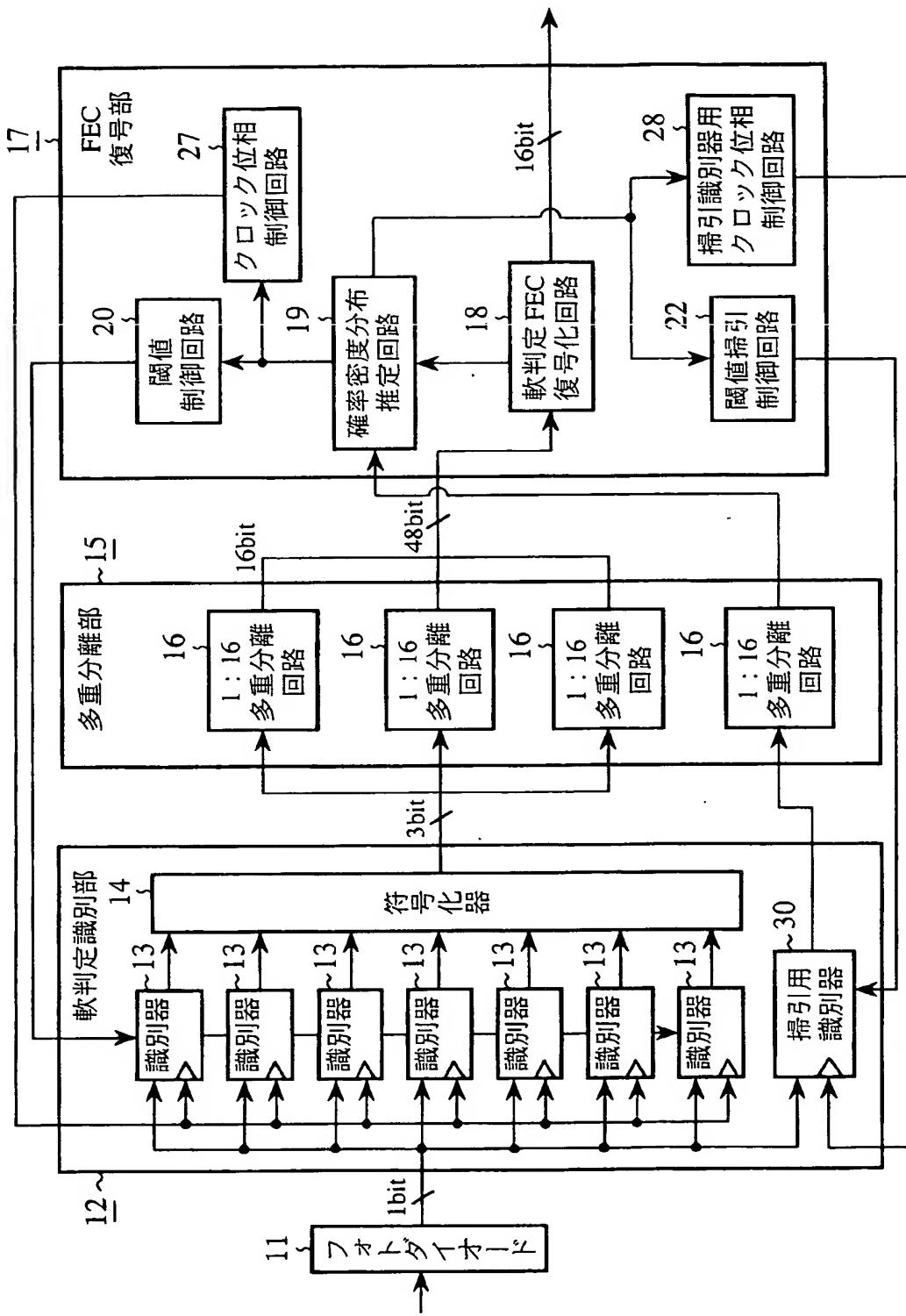
第24図

各識別位相での0, 1識別頻度数（識別レベル D_{+1} ）

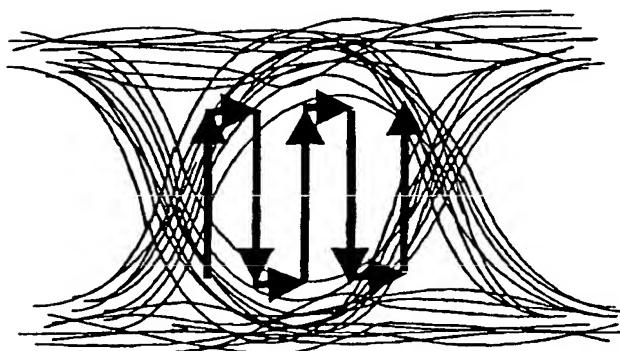
第25圖



第26図

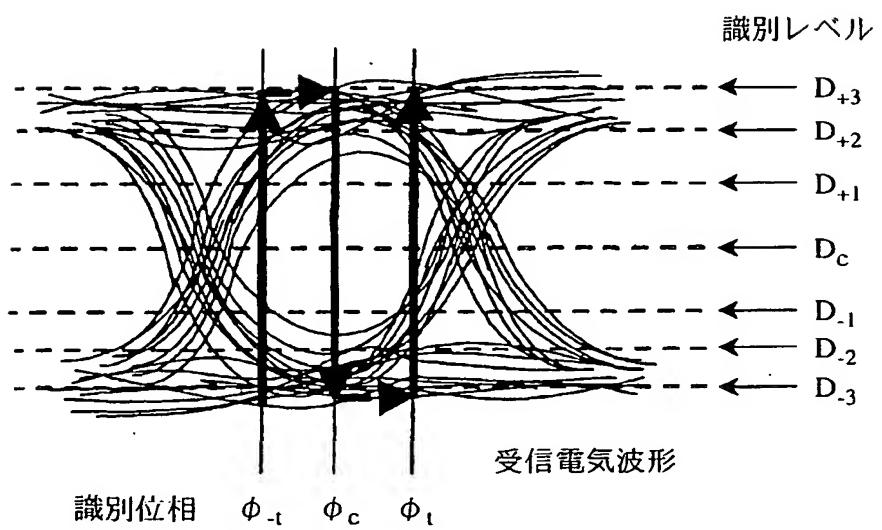


第27図

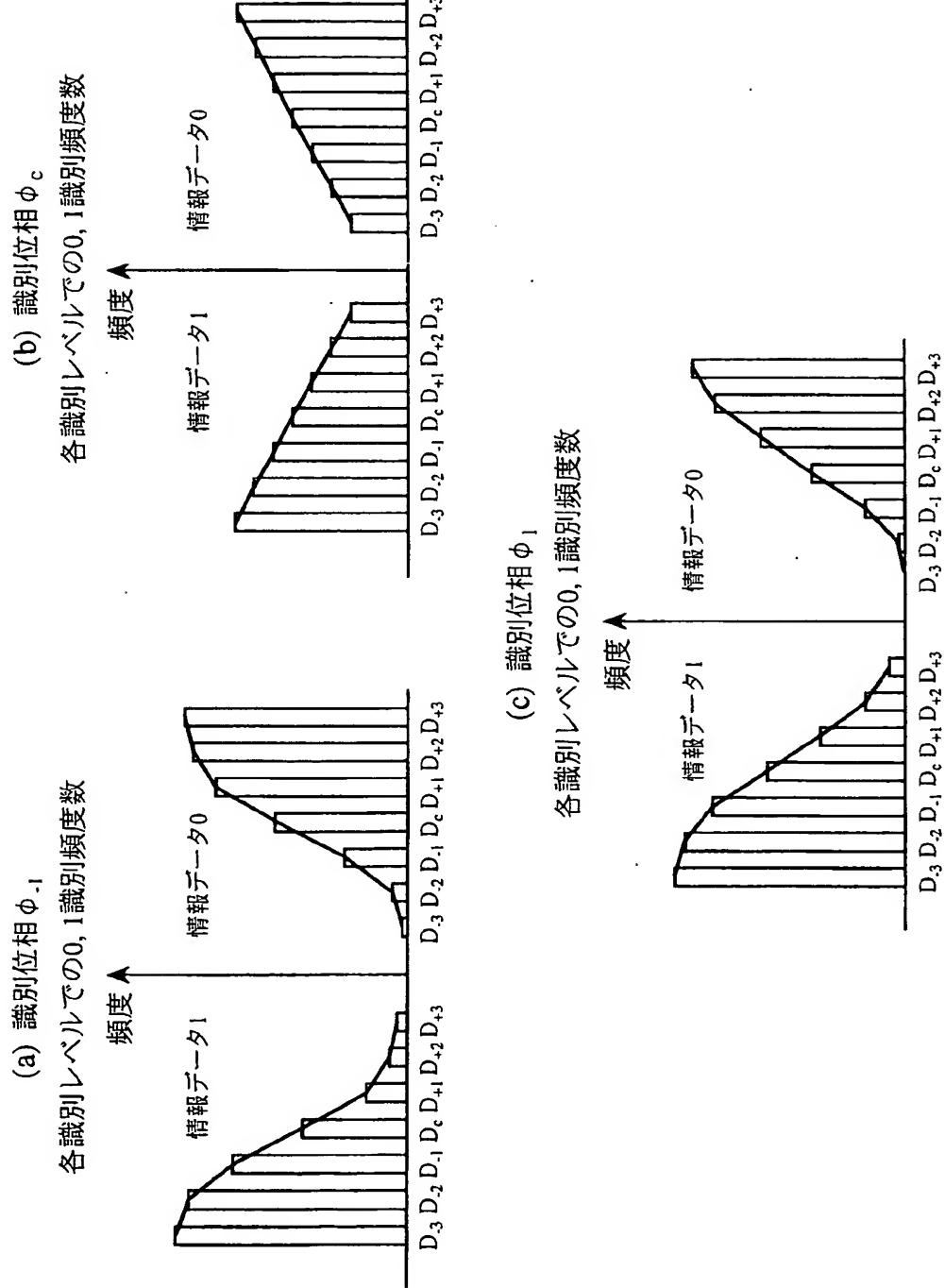


受信電気波形

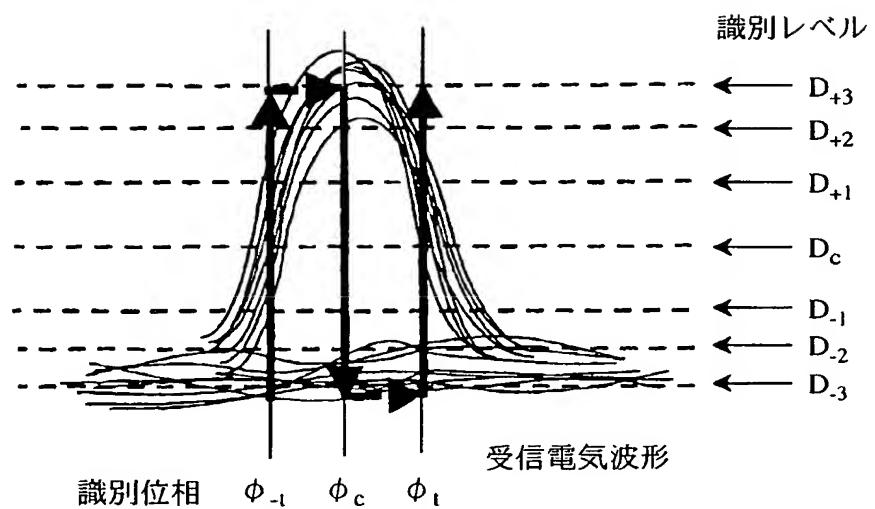
第28図



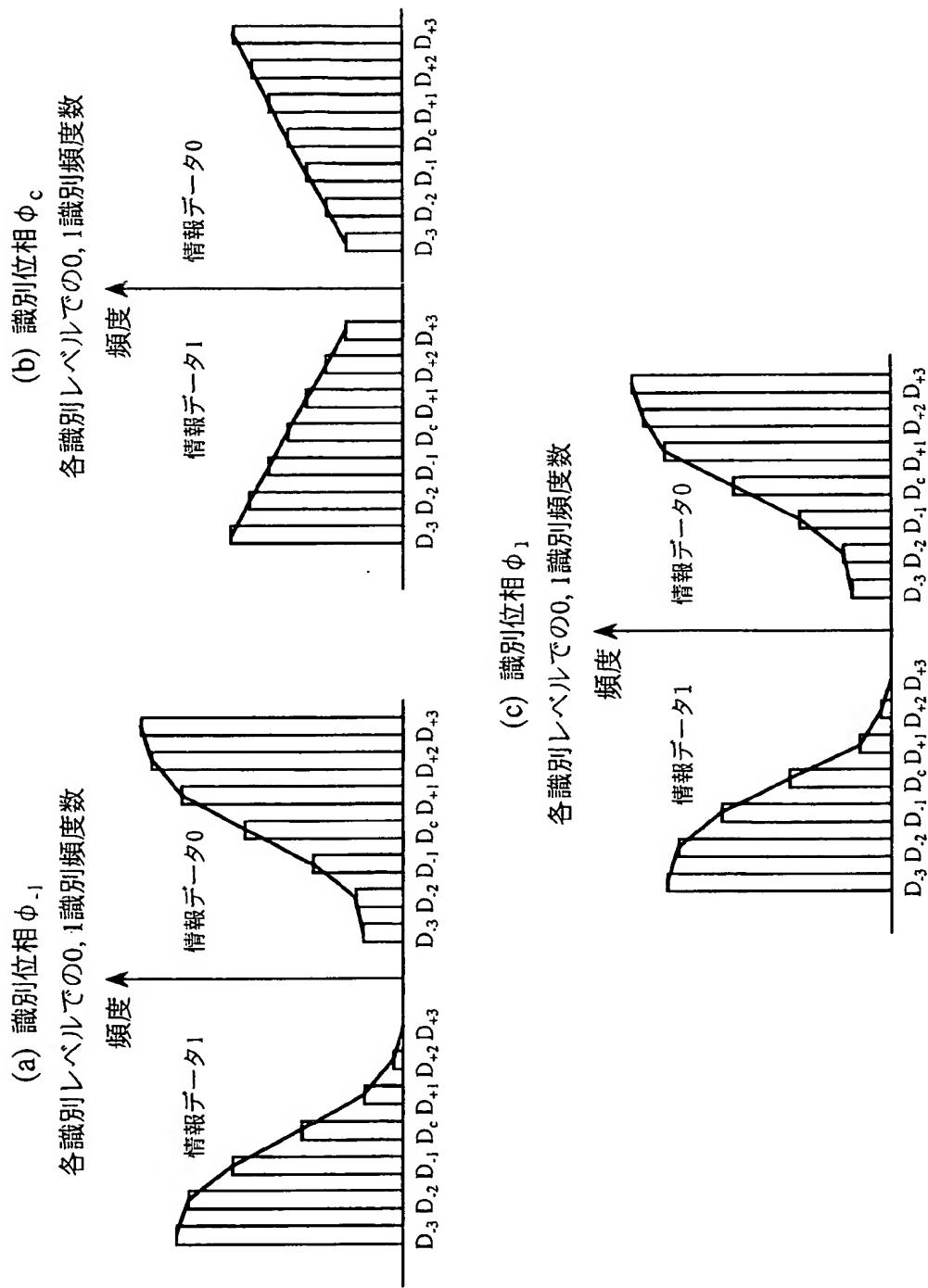
第29図



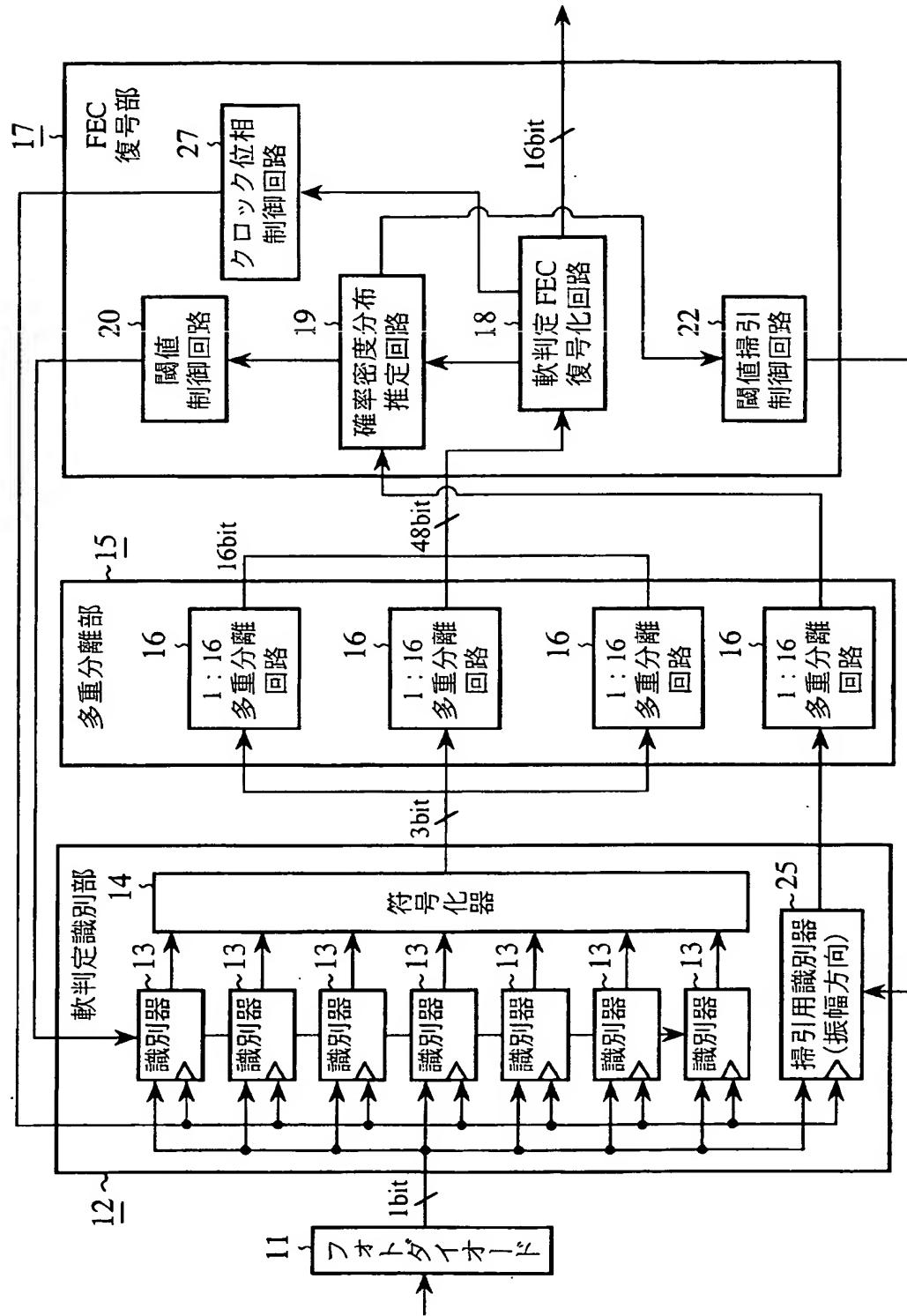
第30図



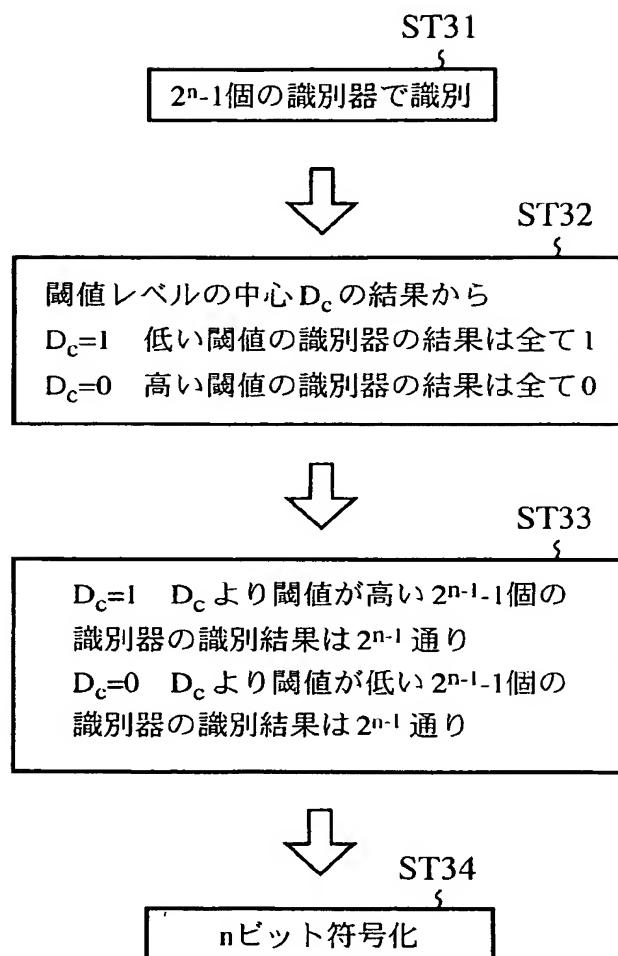
第31図



第32図



第33図



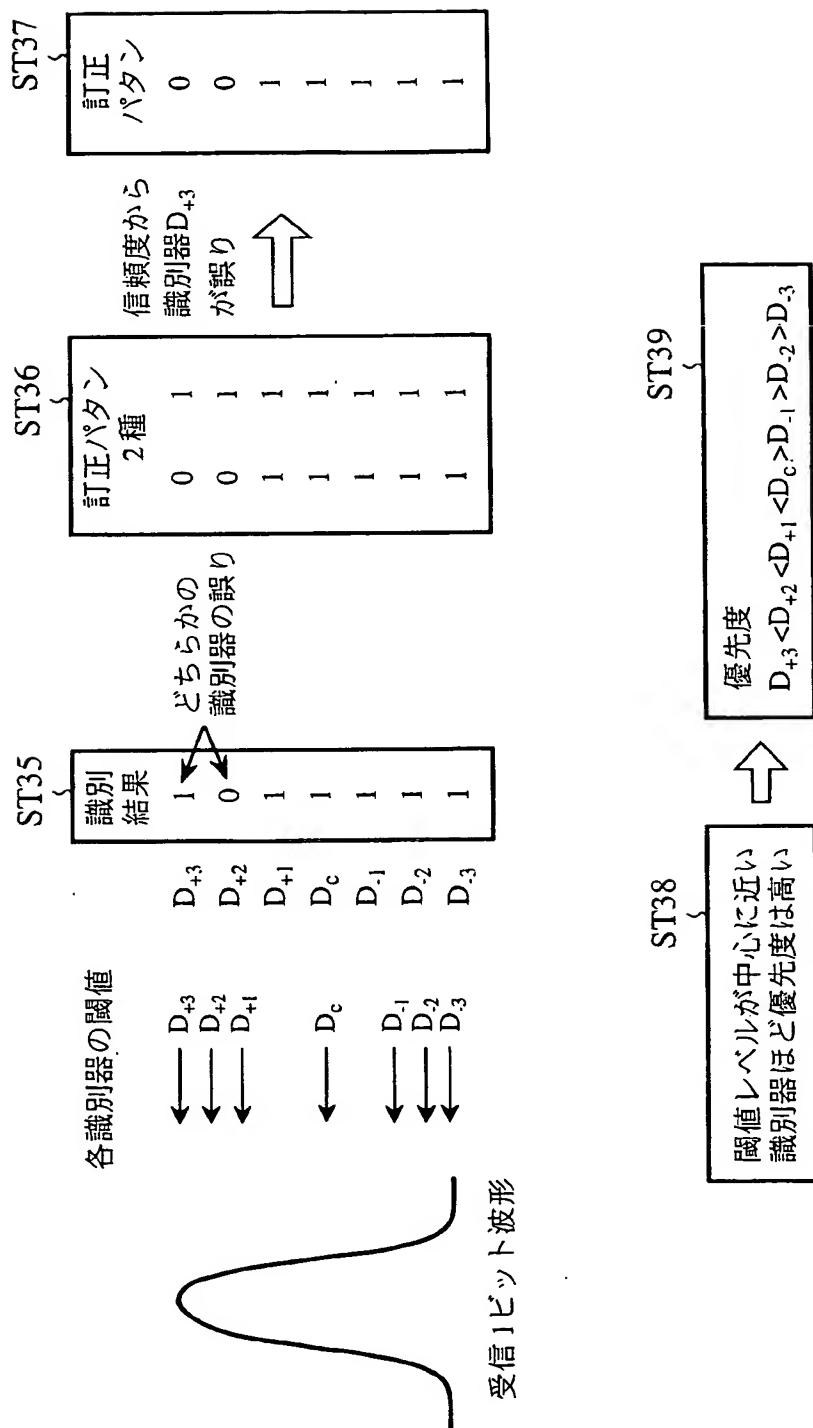
第34図

各識別器の識別結果	D_{+3}	1	0	0	0	0	0	0	0
	D_{+2}	1	1	0	0	0	0	0	0
	D_{+1}	1	1	1	0	0	0	0	0
	D_c	1	1	1	1	0	0	0	0
	D_{-1}	1	1	1	1	1	0	0	0
	D_{-2}	1	1	1	1	1	1	0	0
	D_{-3}	1	1	1	1	1	1	1	0
状態	(8)	(7)	(6)	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)	

第35図

状態	3ビット符号化		
	D_c の識別結果	D_{-1}, D_{-2}, D_{-3} からの D_c の信頼度	
(1)	0	1	1
(2)	0	1	0
(3)	0	0	1
(4)	0	0	0
D ₋₁ , D ₋₂ , D ₋₃ からのD _c の信頼度			
(5)	1	0	0
(6)	1	0	1
(7)	1	1	0
(8)	1	1	1

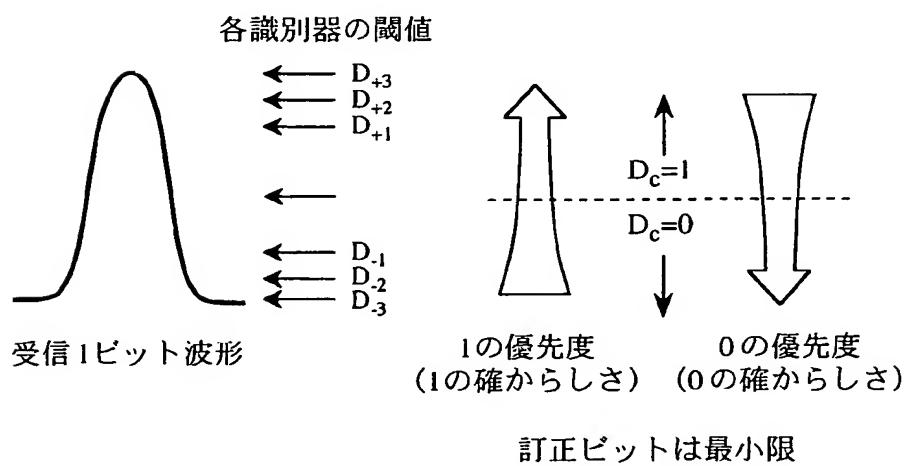
第36図



第37図

識別結果								
D_{+3}	1	0	0	0	0	0	0	0
D_{+2}	1	1	0	0	0	0	0	0
D_{+1}	1	1	1	0	0	0	0	0
D_c	1	1	1	1	0	0	0	0
D_{-1}	1	1	1	1	1	0	0	0
D_{-2}	1	1	1	1	1	1	0	0
D_{-3}	1	1	1	1	1	1	1	0
3bit 符号化								
硬判定	1	1	1	1	0	0	0	0
信頼度	1	1	0	0	0	0	1	1
	1	0	1	0	0	1	0	1

第38図



第39図

(a) $D_c=1$ のとき

上側識別器の識別結果から符号化

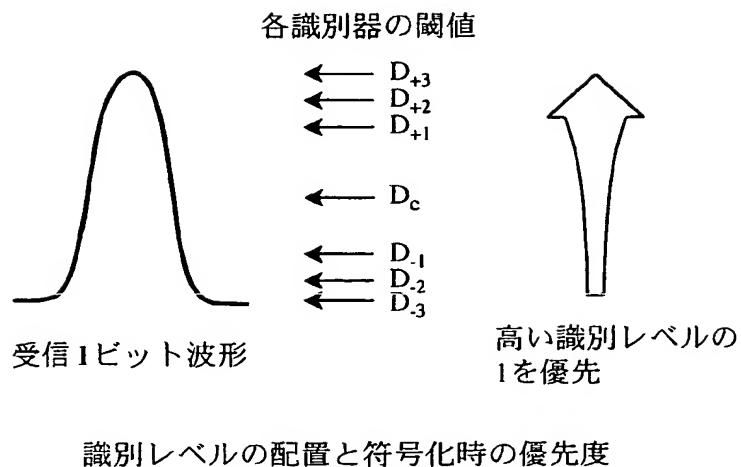
識別結果 (訂正前)								
D_{+3}	1	0	0	0	1	1	1	0
D_{+2}	1	1	0	0	0	1	0	1
D_{+1}	1	1	1	0	0	0	1	0
識別結果 (訂正後)								
D_{+3}	訂正なし			0	1	0	0	
D_{+2}				0	1	0	0	
D_{+1}				0	1	1	0	
3bit 符号化								
硬判定	1	1	1	1	1	1	1	1
信頼度	1	1	0	0	0	1	0	0
	1	0	1	0	0	1	1	0

(b) $D_c=0$ のとき

下側識別器の識別結果から符号化

識別結果 (訂正前)								
D_{-1}	0	0	0	1	1	1	1	0
D_{-2}	0	0	1	1	0	1	0	1
D_{-3}	0	1	1	1	0	0	1	0
識別結果 (訂正後)								
D_{-1}	訂正なし			0	1	1	0	
D_{-2}				0	1	1	1	
D_{-3}				0	1	1	1	
3bit 符号化								
硬判定	0	0	0	0	0	0	0	0
信頼度	1	1	0	0	1	0	0	0
	1	0	1	0	1	0	0	1

第40図



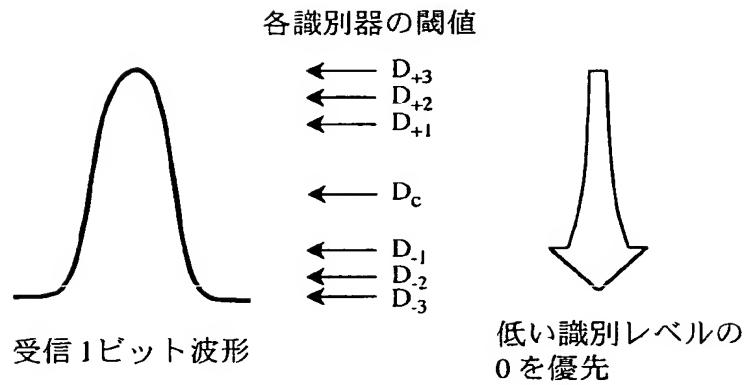
第41図

プライオリティエンコーダ (識別結果 1を優先)

識別結果								
D ₊₃	1	0	0	0	0	0	0	0
D ₊₂	X	1	0	0	0	0	0	0
D ₊₁	X	X	1	0	0	0	0	0
D _c	X	X	X	1	0	0	0	0
D ₋₁	X	X	X	X	1	0	0	0
D ₋₂	X	X	X	X	X	1	0	0
D ₋₃	X	X	X	X	X	X	1	0
3bit 符号化								
硬判定	1	1	1	1	0	0	0	0
信頼度	1	1	0	0	0	0	1	1
	1	0	1	0	0	1	0	1

X : 0, 1 どちらでもよい

第42図



識別レベルの配置と符号化時の優先度

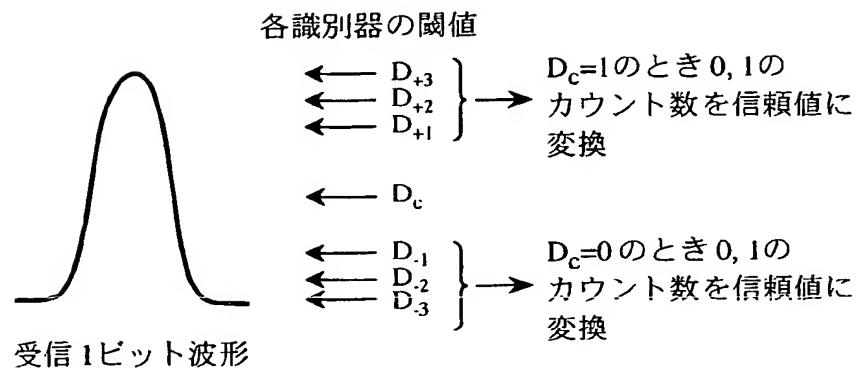
第43図

プライオリティエンコーダ (識別結果0を優先)

識別結果									
D ₊₃	1	0	X	X	X	X	X	X	X
D ₊₂	1	1	0	X	X	X	X	X	X
D ₊₁	1	1	1	0	X	X	X	X	X
D _c	1	1	1	1	0	X	X	X	X
D ₋₁	1	1	1	1	1	0	X	X	X
D ₋₂	1	1	1	1	1	1	0	X	X
D ₋₃	1	1	1	1	1	1	1	0	X
3bit 符号化									
硬判定	1	1	1	1	0	0	0	0	0
信頼度	1	1	0	0	0	0	1	1	1
	1	0	1	0	0	1	0	0	1

X : 0, 1どちらでもよい

第44図



識別レベルの配置と符号化時の優先度

第45図

(a) $D_c=1$ のとき

上側識別器の 0, 1 のカウント数から信頼度を割り当てる

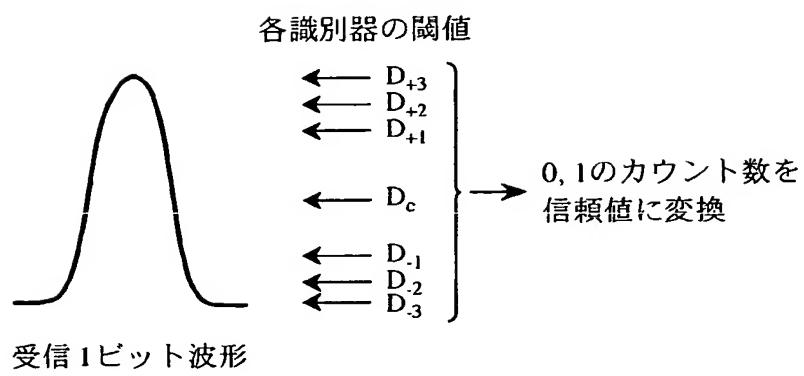
カウント数		3ビット符号		
ピット1	ピット0	硬判定	信頼度	
3	0	1	1	1
2	1	1	1	0
1	2	1	0	1
0	3	1	0	0

(b) $D_c=0$ のとき

下側識別器の 0, 1 のカウント数から信頼度を割り当てる

カウント数		3ビット符号		
ピット1	ピット0	硬判定	信頼度	
0	3	0	1	1
1	2	0	1	0
2	1	0	0	1
3	0	0	0	0

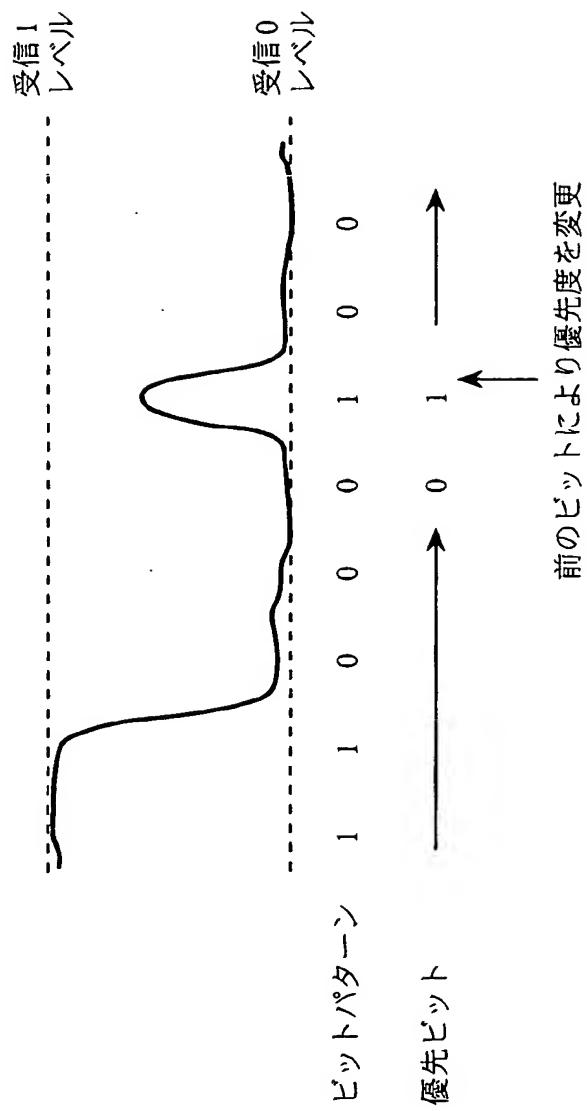
第46図



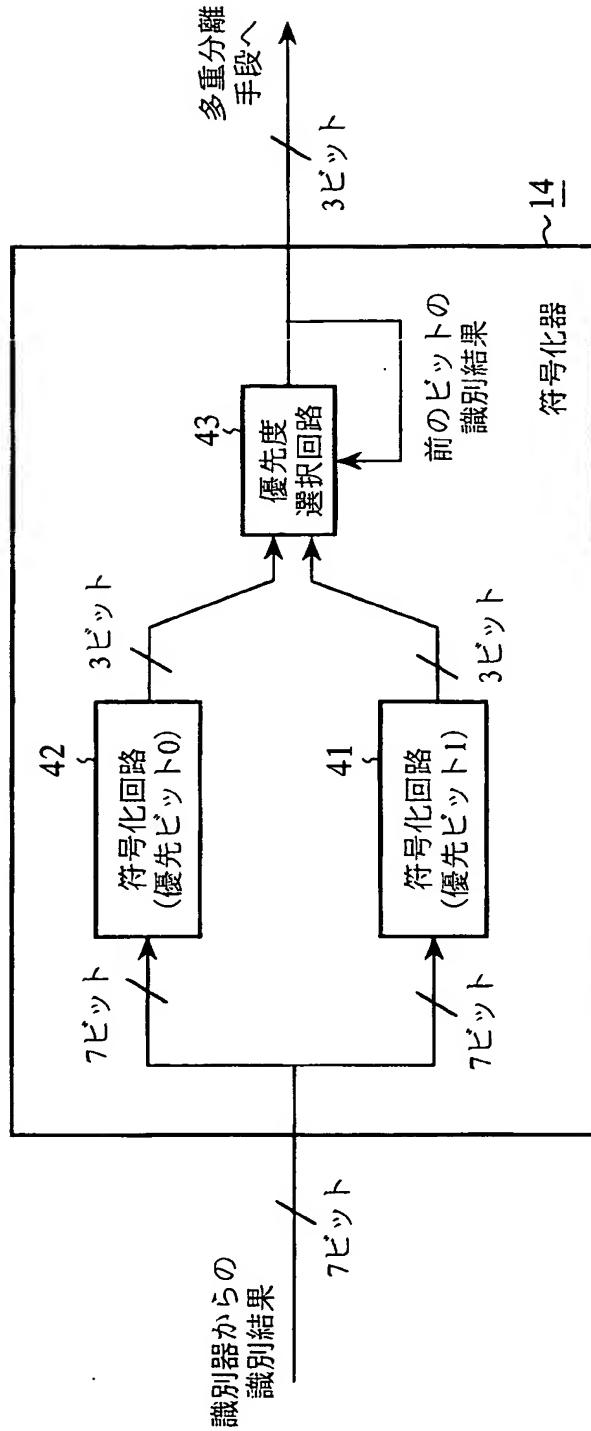
第47図

カウント数		3ビット符号		
ビット1	ビット0	硬判定	信頼度	
7	0	1	1	1
6	1	1	1	0
5	2	1	0	1
4	3	1	0	0
3	4	0	0	0
2	5	0	0	1
1	6	0	1	0
0	7	0	1	1

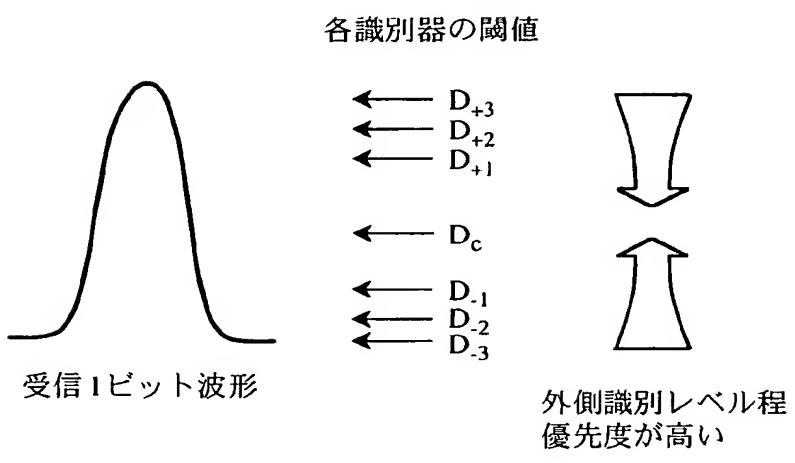
第48図



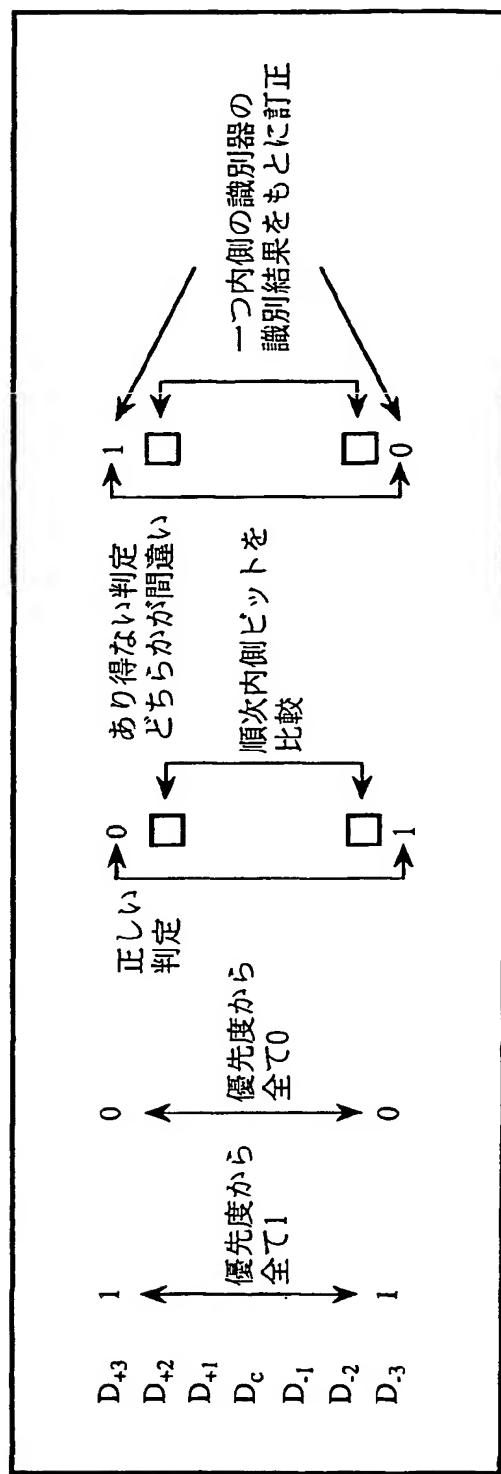
第49図



第50図



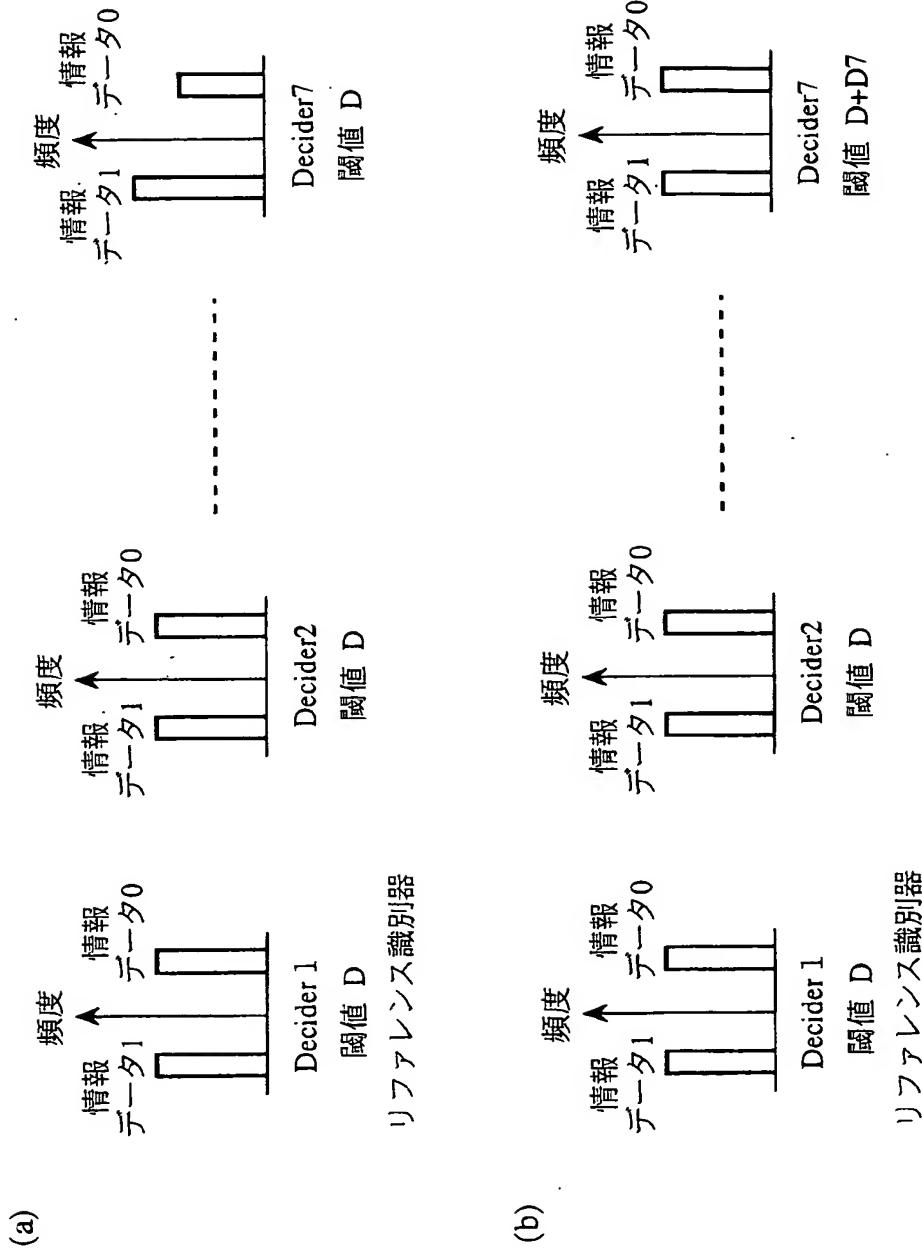
第51図



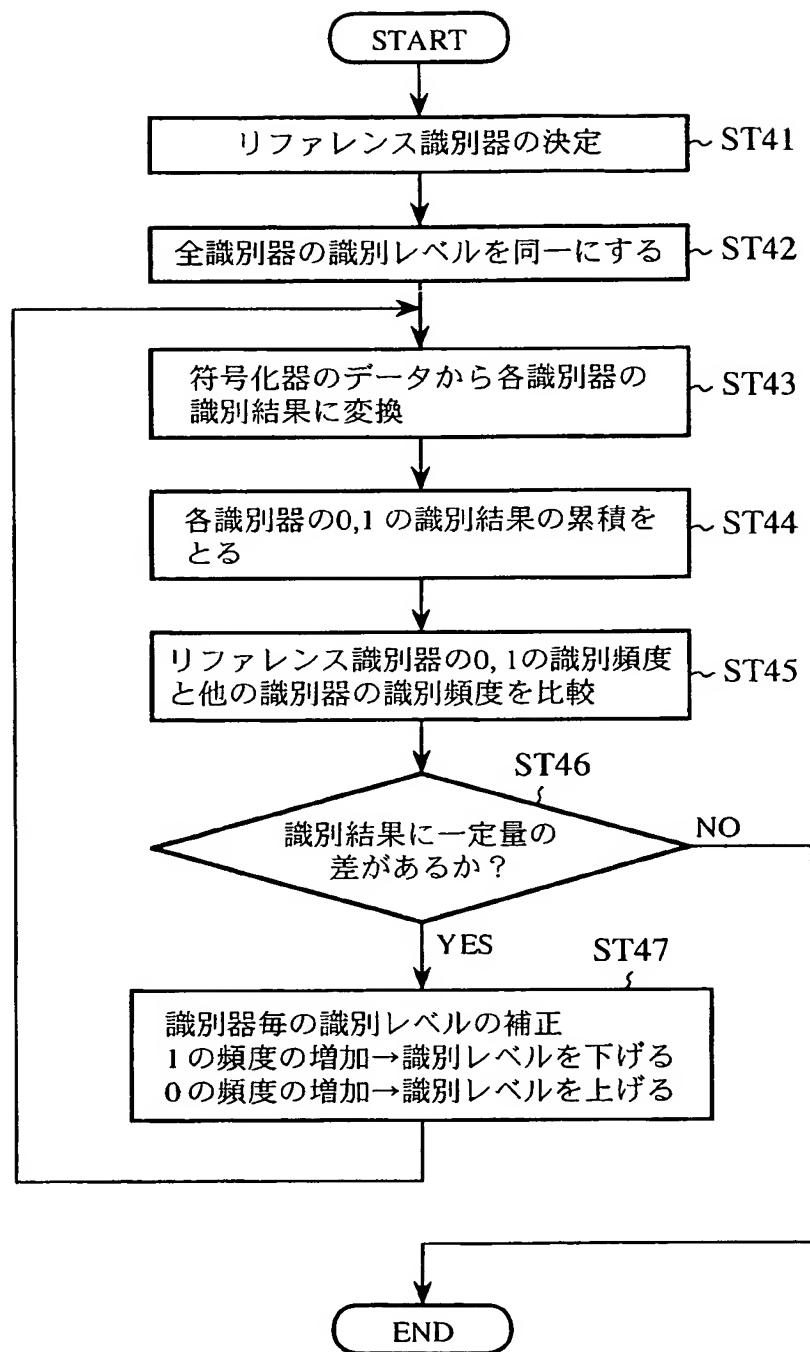
第52回

X:0,1どちらでもよい

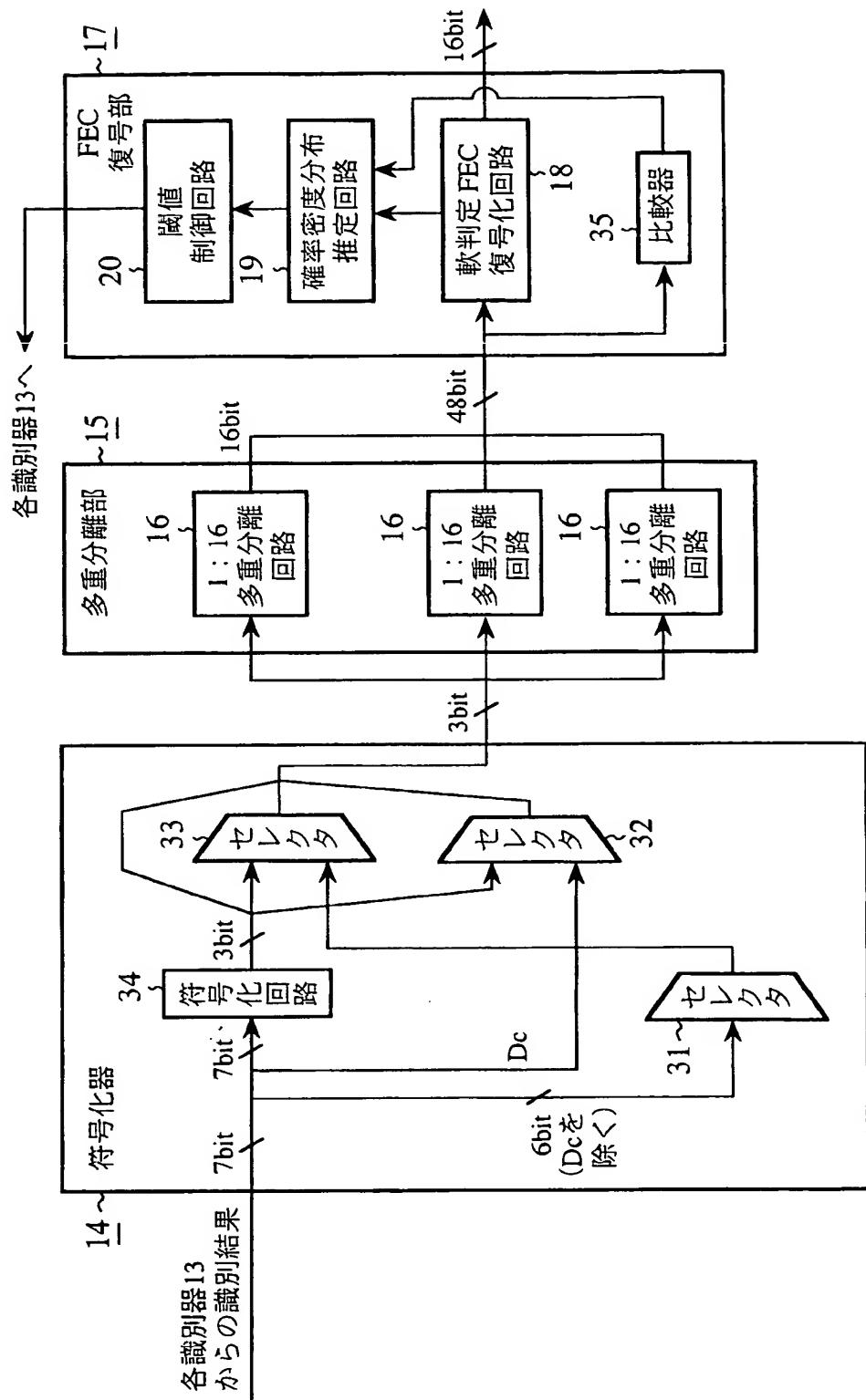
第53図



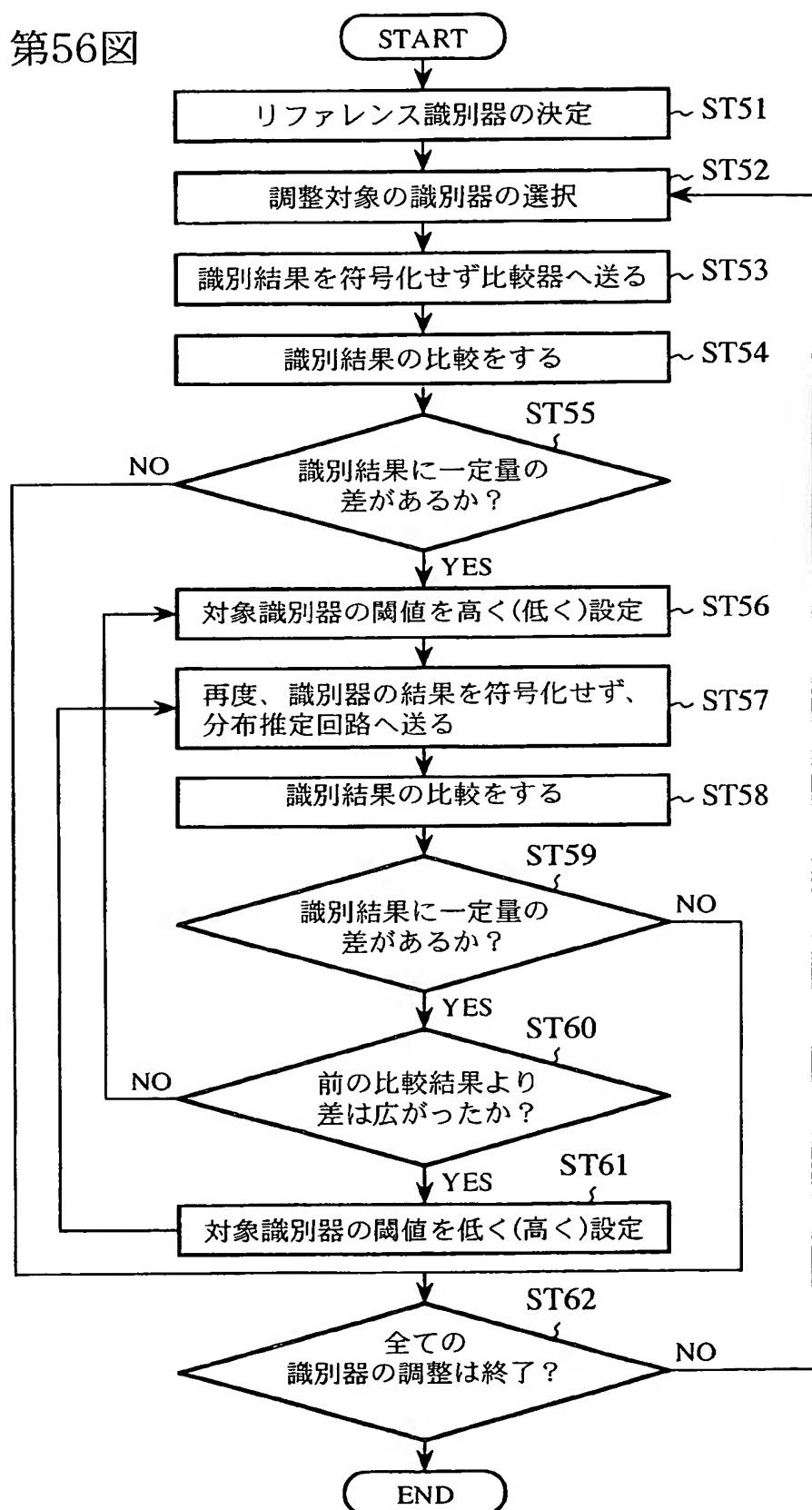
第54図



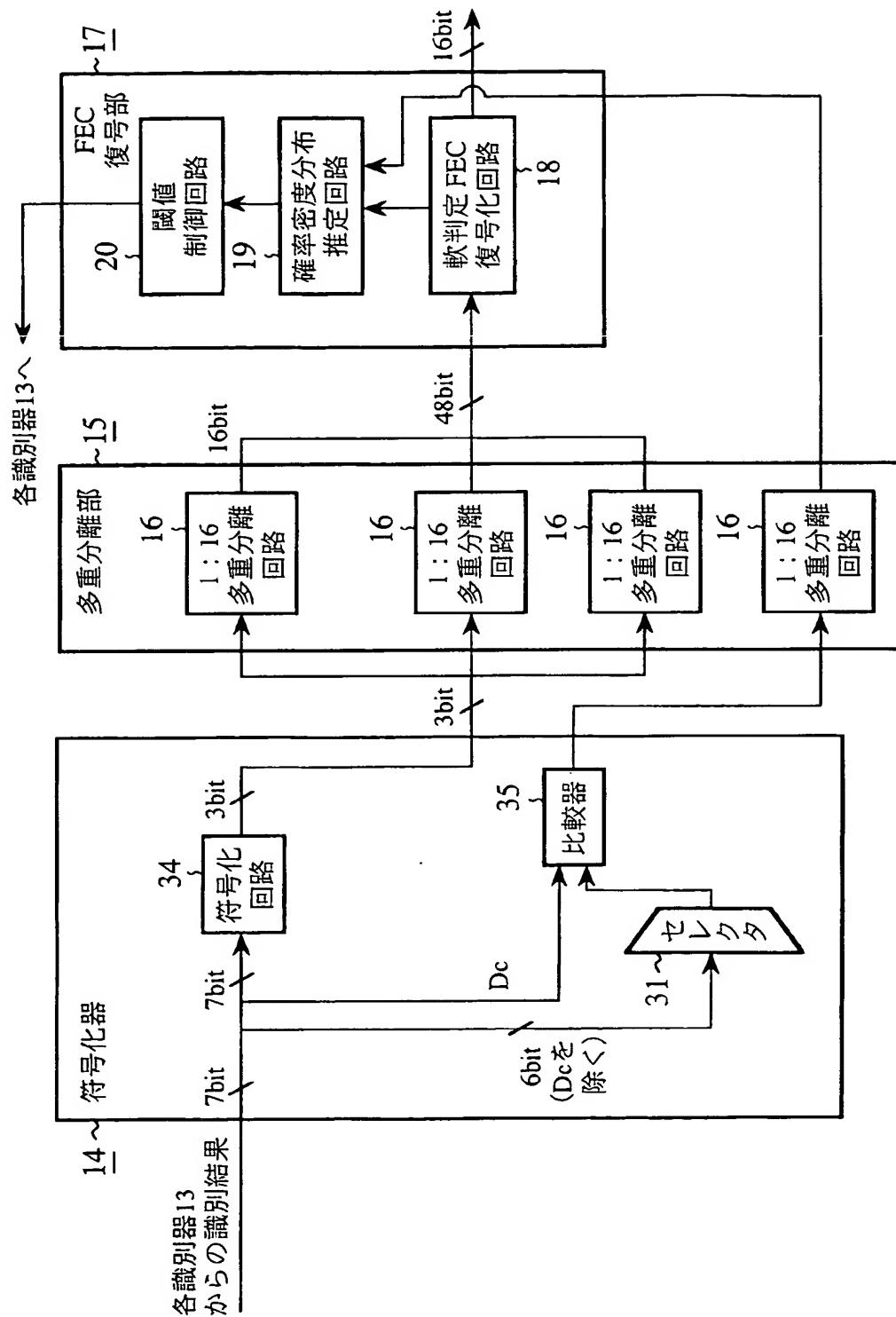
第55圖



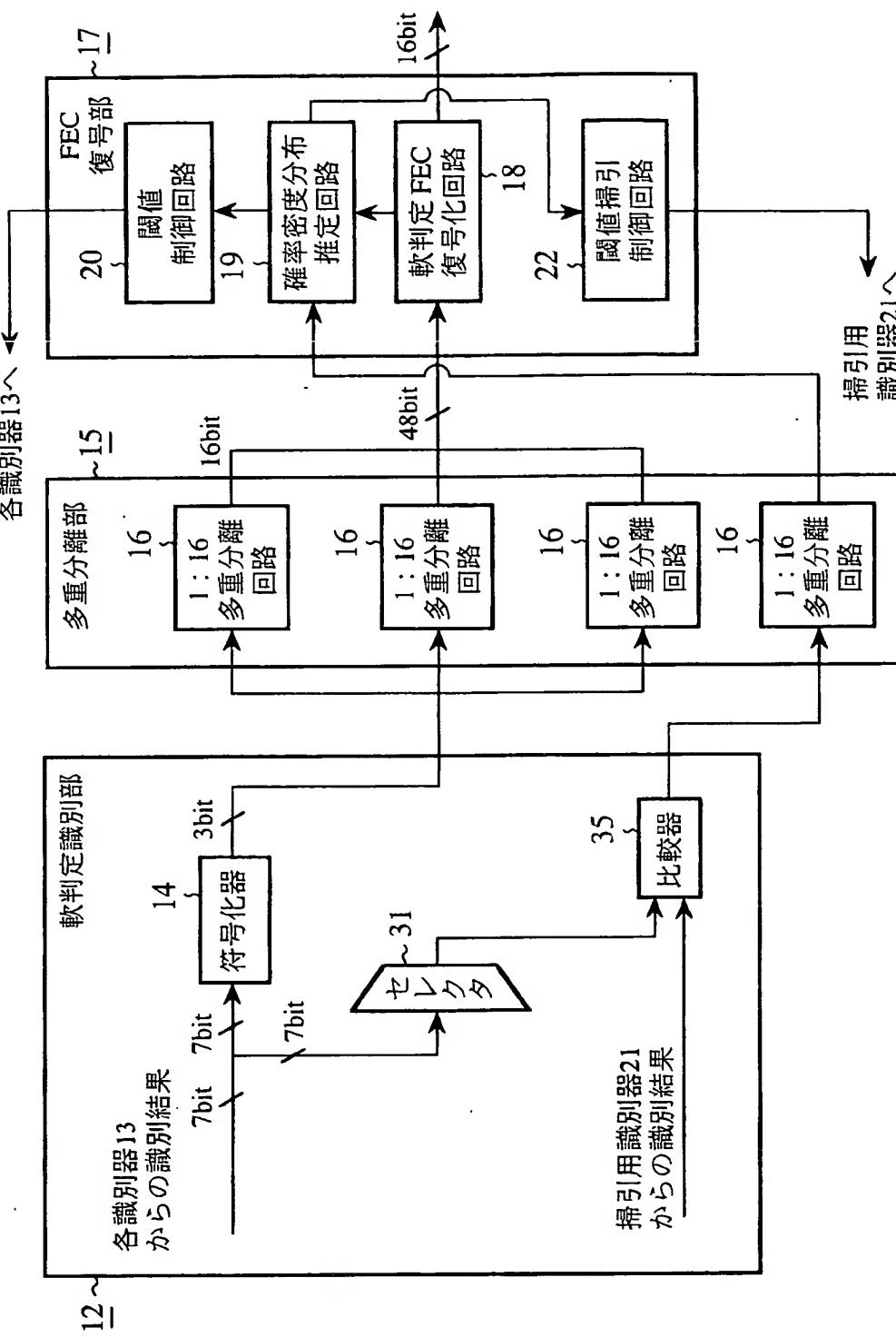
第56図



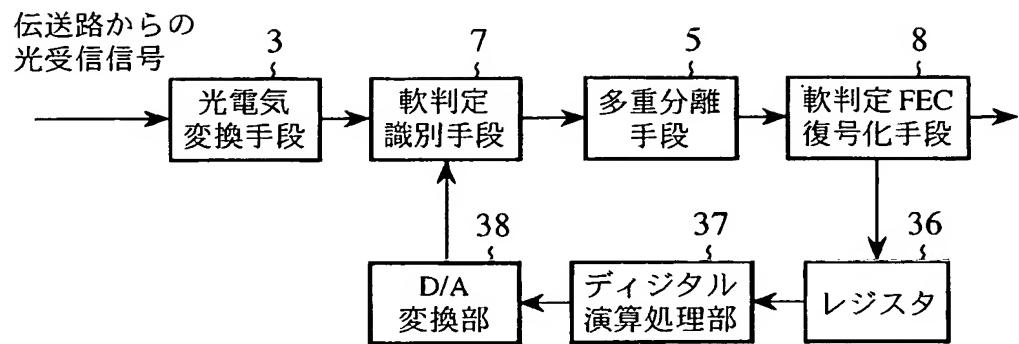
第57図



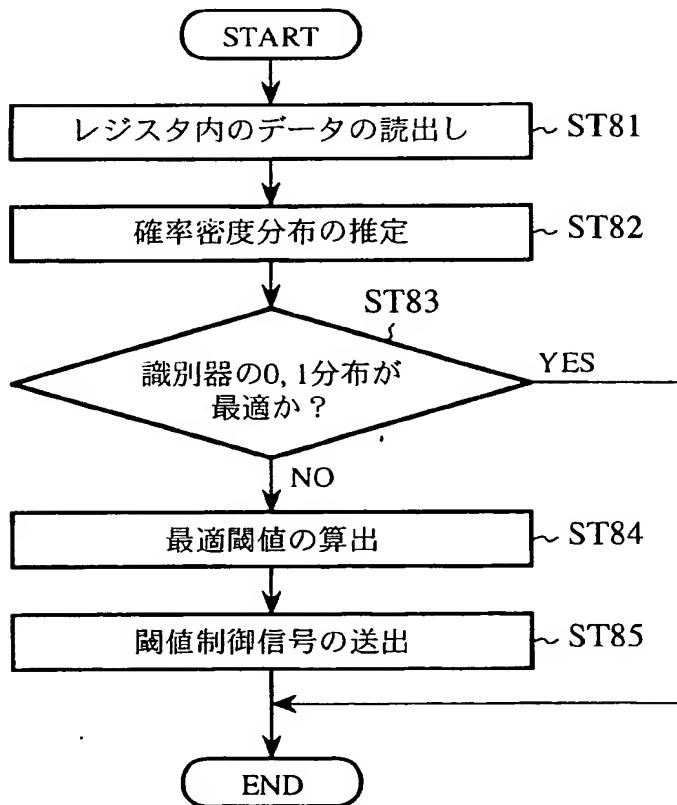
第58図



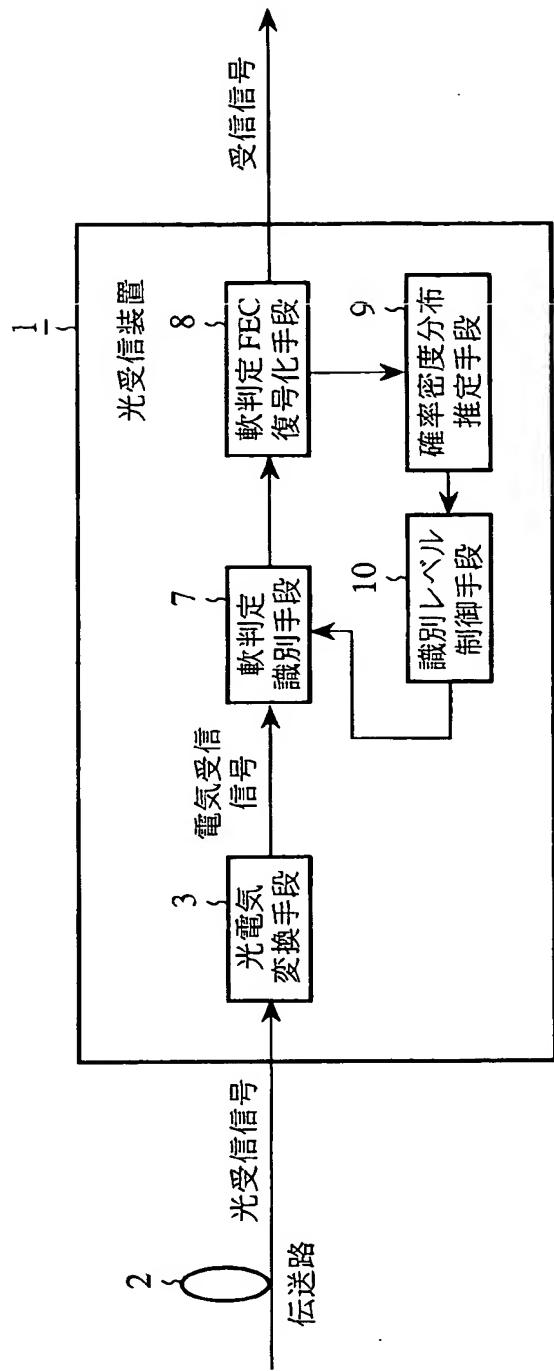
第59図



第60図



第61図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/09357

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H04L25/03, H03M13/45, H04B10/00, H04L1/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H04L25/03, H03M13/45, H04B10/00, H04L1/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2002
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2002	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 01/22598 A1 (Fujitsu Ltd.), 29 March, 2001 (29.03.01), Figs. 1, 6, 14 and the explanations thereof. (Family: none)	1-3, 9, 10, 17-19, 21, 26, 27, 29, 34 4-8, 11-16, 20, 22-25, 28, 30-33
Y A	JP 61-135234 A (NEC Corp.), 23 June, 1986 (23.06.86), Figs. 1, 3 and the explanations thereof. (Family: none)	1-3, 9, 10, 17-19, 21, 26, 27, 29, 34 4-8, 11-16, 20, 22-25, 28, 30-33
A	JP 8-317006 A (Mitsubishi Electric Corp.), 29 November, 1996 (29.11.96), Full text (Family: none)	1-34

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

"A"	Special categories of cited documents: document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T"	later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E"	earlier document but published on or after the international filing date	"X"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L"	document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y"	document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&"	document member of the same patent family
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		

Date of the actual completion of the international search 06 December, 2002 (06.12.02)	Date of mailing of the international search report 24 December, 2002 (24.12.02)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP02/09357

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 4-145724 A (NEC Corp.), 19 May, 1992 (19.05.92), Full text (Family: none)	1-34
A	JP 5-244017 A (Mitsubishi Electric Corp.), 21 September, 1993 (21.09.93), Full text (Family: none)	1-34
A	JP 60-249447 A (KDD Kabushiki Kaisha), 10 December, 1985 (10.12.85), Full text (Family: none)	1-34

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl' H04L25/03, H03M13/45, H04B10/00, H04L1/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl' H04L25/03, H03M13/45, H04B10/00, H04L1/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1926-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2002年
日本国実用新案登録公報	1996-2002年
日本国登録実用新案公報	1994-2002年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	WO 01/22598 A1 (2001. 03. 29) 富士通株 式会社, 第1図, 第6図, 第14図とそれらの説明 (ファミリーなし)	1-3, 9, 10, 17- 19, 21, 26, 27, 29, 34
A		4-8, 11-16, 20, 22-25, 28, 30-33

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 06.12.02	国際調査報告の発送日 24.12.02
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号 100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 阿部 弘 電話番号 03-3581-1101 内線 9382 

C (続き) 関連すると認められる文献		関連する 請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
Y	JP 61-135234 A (1986. 06. 23) 日本電気 株式会社, 第1図, 第3図とそれらの説明 (ファミリーなし)	1-3, 9, 10, 17- 19, 21, 26, 27, 29, 34
A		4-8, 11-16, 20, 22-25, 28, 30-33
A	JP 8-317006 A (1996. 11. 29) 三菱電機株 式会社, 全文を参照。 (ファミリーなし)	1-34
A	JP 4-145724 A (1992. 05. 19) 日本電気株 式会社, 全文を参照。 (ファミリーなし)	1-34
A	JP 5-244017 A (1993. 09. 21) 三菱電機株 式会社, 全文を参照。 (ファミリーなし)	1-34
A	JP 60-249447 A (1985. 12. 10) 国際電信 電話株式会社, 全文を参照。 (ファミリーなし)	1-34

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.